



Jorge Ferreira Marques

Licenciatura em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

Aplicação da Metodologia TRIZ e da Manutenção Autónoma em Atividades de Manutenção Industrial

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Professora Doutora Helena Vítorovna
Guitiss Navas, Professora Auxiliar, FCT-UNL

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Isabel Maria do Nascimento Lopes Nunes
Vogais: Prof. Doutor Denis Alves Coelho
Prof. Doutora Helena Vítorovna Guitiss Navas



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro 2014

**Aplicação da Metodologia TRIZ e da Manutenção Autónoma em Atividades de
Manutenção Industrial**

© 2014 Jorge Ferreira Marques

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Copyright

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventada, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

“Learn Today Devote Every Moment”

Yuri Terajima

Agradecimentos

Gostaria de agradecer à Professora Doutora Helena Víctorovna Guitiss Navas, pela orientação do presente trabalho, por todo o conhecimento que me foi transmitido e pela disponibilidade que sempre demonstrou ao longo destes meses.

Aos meus amigos, Ana Bagulho, Ana Ginja, Ana Marinho, Carlota Faria, Daniela Carvalho, Diana Bruno, Filipa Gordo, Inês Lopes, Joana Fernandes, Tânia Silva, Tânia Souza, Daniel Matos, Daniel Pereira, Daniel Oliveira, Filipe Silvestre, Guilherme Vilhena, Humberto Basílio, João Saraiva, João Silvestre, Luís Marinho, Luís Pina, Paulo Martins, Paulo Mina, Ricardo Almeida, Rui Fonseca, Sandro Morgado e Tiago Serra.

Aos meus amigos do grupo AVC, Diogo, Gonçalo, Gustavo, João Carlos, João Paulo, João Pedro, José, Miguel, Pedro e Rui, que sempre estiveram lá!

À minha avó, Srikaew, meus tios e padrinhos, Beatriz, Isabel e José e aos meus primos Jéssica, Adriano e Luís.

À minha namorada, Ana Isa, que me apoia, ajuda, atura e me dá forças para alcançar as minhas e as nossas metas.

Aos meus pais, Puangploy e Victor, pelo apoio e cuidado ao longo da minha vida e por me possibilitarem todo este percurso escolar, muito obrigado!

Por fim, quero dedicar este trabalho aos meus avôs, José e Tha.

Resumo

A manutenção tem ganho cada vez maior importância entre as atividades das empresas industriais. O aumento constante das exigências do mercado motiva os responsáveis pela manutenção a procurarem novas metodologias e técnicas, que permitam melhorar a gestão da manutenção em todas as suas vertentes.

A metodologia TRIZ (Teoria de Resolução Inventiva de Problemas) promove a inovação sistemática e a procura de novas soluções para os problemas existentes. Sendo a inovação um conceito da atualidade e bem presente nas empresas que queiram marcar as suas posições no mercado, o uso da metodologia TRIZ é uma boa forma de as empresas se diferenciarem, encontrando novas soluções inovadoras e mais criativas. Este aumento da criatividade poderá proporcionar vantagens em relação à concorrência.

Uma das principais características da manutenção autónoma é a inclusão de diferentes áreas funcionais das empresas nas atividades da manutenção. Uma das grandes vantagens da manutenção autónoma é a partilha das responsabilidades e conhecimentos entre os técnicos de manutenção e os operadores dos equipamentos. Os operadores dos equipamentos ganham com isso a capacidade de realizar algumas operações elementares de manutenção, ajudando na deteção precoce de anomalias, podendo com isto reduzir as paragens e falhas de equipamentos, prolongar a vida útil dos mesmos, tendo por vezes influência direta na qualidade do produto final produzido e na imagem da empresa.

O estudo desenvolvido no âmbito da presente dissertação centrou-se nas possibilidades e oportunidades da utilização conjunta da metodologia TRIZ e da manutenção autónoma, em busca de novas formas de solucionar problemas da manutenção. Sendo a combinação destas técnicas ainda pouco explorada, o presente estudo visa abrir novos caminhos em relação à utilização da metodologia TRIZ nos problemas da manutenção.

No âmbito desta dissertação foram explorados vários conceitos e ferramentas da metodologia TRIZ para resolver três casos práticos de manutenção industrial.

Palavras-chave: Manutenção Industrial, Manutenção Autónoma, TRIZ, Princípios de Invenção, Matriz de Contradições, TPM

Abstract

The industrial maintenance has been gaining increasing importance between the activities of industrial companies. The constant increase of market requirements motivates the maintenance caretakers to seek new methods and techniques to improve maintenance management in all aspects.

The TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving) methodology promotes systematic innovation and seeks for new solutions to existing problems. Being that innovation is a current and very present concept in companies who wish to mark their positions in the market, the use of TRIZ methodology is a good way for companies to differentiate themselves, finding new innovative and creative solutions. This increased creativity can provide advantages over the competition.

One of the main features of autonomous maintenance is the inclusion of different functional areas of the companies in maintenance activities. One of the great advantages of autonomous maintenance is the sharing of responsibilities and knowledge between maintenance technicians and equipment operators. The equipment operators will gain the ability to perform some basic maintenance, helping in early detection of anomalies and with that reducing equipment stoppages and failures, extending the life of those equipments and sometimes taking direct influence on the quality of the final manufactured product and company image.

The study developed in this dissertation focused on the possibilities and opportunities for joint use of the TRIZ methodology and autonomous maintenance, seeking for new ways to solve maintenance problems. Being that this is an underexplored combination, this study aims to pave ways towards the use of TRIZ methodology in maintenance problems.

Within this dissertation various tools and concepts of TRIZ methodology were explored to solve three practical cases of industrial maintenance.

Keywords: Industrial Maintenance, Autonomous Maintenance, TRIZ, Principles of Invention, Contradiction Matrix, TPM

Índice Geral

1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento e Objetivos da Dissertação.....	1
1.2. Estrutura da Tese	1
2. TRIZ - Teoria de Resolução Inventiva de Problemas	3
2.1. Evolução Histórica da TRIZ	4
2.2. Introdução à Metodologia TRIZ.....	4
2.3. Características da TRIZ	6
2.4. Conceitos Fundamentais da TRIZ	7
2.4.1. Idealidade	7
2.4.2. Contradição	8
2.4.3. Padrões de Evolução	8
2.5. Ferramentas e Técnicas da TRIZ.....	9
2.5.1. Princípios Inventivos e a Matriz de Contradições	9
2.5.2. ARIZ – Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas	12
2.5.3. SuField - Análise Substância-Campo	13
3. Manutenção Industrial	19
3.1. Introdução à Manutenção.....	19
3.2. A Interdisciplinaridade da Manutenção.....	21
3.3. Tipos de Manutenção.....	22
3.4. Níveis de Manutenção.....	25
3.5. Parâmetros da Manutenção.....	25
3.5.1. Fiabilidade	26
3.5.2. Manutibilidade	27
3.5.3. Disponibilidade.....	27
3.6. Custos da Manutenção.....	28
4. Manutenção Autónoma	31
4.1. TPM – <i>Total Productive Maintenance</i>	31
4.2. Conceito e Implementação da Manutenção Autónoma.....	33
5. Estudos Anteriores de Aplicação Conjunta da TRIZ e Manutenção Autónoma	35
6. Estudo de Casos	37
6.1. Estudo de Caso 1	37
6.1.1. Descrição do Estudo de Caso 1	37
6.1.2. Objetivos do Estudo de Caso 1.....	37

6.1.3.	Aplicação da Metodologia TRIZ na Manutenção Autónoma Aplicada no Estudo de Caso 1.....	38
6.1.4.	Discussão de Resultados do Estudo de Caso 1.....	39
6.2.	Estudo de Caso 2	39
6.2.1.	Descrição do Estudo de Caso 2	40
6.2.2.	Objetivos do Estudo de Caso 2.....	40
6.2.3.	Aplicação da Metodologia TRIZ e da Manutenção Autónoma no Estudo de Caso 2.....	40
6.2.4.	Discussão de Resultados do Estudo de Caso 2.....	41
6.3.	Estudo de Caso 3	42
6.3.1.	Descrição e Objetivos do Estudo de Caso 3	42
6.3.2.	Objetivos do Estudo de Caso 3.....	42
6.3.3.	Aplicação da Metodologia TRIZ e da Manutenção Autónoma no Planeamento da Manutenção do Estudo de Caso 3.....	42
6.3.4.	Discussão de Resultados do Estudo de Caso 3.....	44
7.	Conclusões	45
	Bibliografia.....	47
	Anexo A – Matriz de Contradições.....	49
	Anexo B – Definições dos Parâmetros Técnicos e dos Princípios de Invenção	55
	Anexo C – 76 Soluções-Padrão	65

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Processo normal de criação	5
Figura 2.2 - Posicionamento da TRIZ num processo de criação	5
Figura 2.3 - Evolução do rácio carga/peso dos petroleiros	8
Figura 2.4 - Passos mais importantes do ARIZ	12
Figura 2.5 - Diagrama elementar da SuField	13
Figura 2.6 - Resolução de um sistema incompleto	15
Figura 2.7 - Resolução de um sistema completo insuficiente	15
Figura 2.8 - Resolução de um sistema completo com efeito prejudicial	16
Figura 2.9 - Solução Geral 1	16
Figura 2.10 - Solução Geral 2	17
Figura 2.11 - Solução Geral 3	17
Figura 2.12 - Solução Geral 4	17
Figura 2.13 - Solução Geral 5	17
Figura 2.14 - Solução Geral 6	18
Figura 2.15 - Solução Geral 7	18
Figura 3.1 - Evolução temporal da manutenção	20
Figura 3.2 - Distribuição de custos	21
Figura 3.3 - Interdisciplinaridade da manutenção	22
Figura 3.4 - Formas de manutenção definidas na NP EN 13306:2007	23
Figura 3.5 - Formas de manutenção, segundo Filipe Didelet e José Viegas	23
Figura 3.6 - Formas de manutenção, segundo Al-Shayea	24
Figura 3.7 - Diagrama de ciclo de vida ("Curva da banheira")	26
Figura 3.8 - "Iceberg" dos custos	28
Figura 4.1 - Pilares do TPM	31
Figura 4.2 - Programa e objetivos do TPM	32
Figura 6.1 - Identificação dos princípios de invenção na matriz de contradições	38
Figura 6.2 - Sistema incompleto	41
Figura 6.3 - Sistema completo	41

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Cinco níveis inventivos de Altshuller.....	6
Tabela 2.2 - Parâmetros técnicos segundo o TRIZ	10
Tabela 2.3 - Princípios de invenção do TRIZ.....	11
Tabela 2.4 - Notação utilizada nos modelos de substância-campo.....	15
Tabela 2.5 - Classes das soluções-padrão.....	16
Tabela 6.1 - Definição de valor no serviço de manutenção.....	40
Tabela 6.2 - Análise da idealidade das funções	43
Tabela 6.3 - Idealidade das funções após análise.....	44

Lista de Abreviaturas e Simbologia

ARIZ	Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas
D	Disponibilidade
MA	Manutenção Autónoma
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i> - Tempo Médio entre Falhas
MTTR	<i>Mean Time to Repair</i> - Tempo Médio de Reparação
N	Número de avarias verificadas no período
RFI	Resultado Final Ideal
SuField	<i>Substance Field Analysis</i> - Análise Substância-Campo
TPM	Manutenção Produtiva Total
TRIZ	Teoria de Resolução Inventiva de Problemas
TBF	<i>Time Between Failures</i> - Tempo entre Falhas
TTR	<i>Time to Repair</i> - Tempo de Reparação
λ	Taxa de Avarias

1. Introdução

1.1. Enquadramento e Objetivos da Dissertação

No mundo atual existe cada vez mais uma necessidade de inovar por parte das empresas para aumentar a sua competitividade no mercado. A inovação tem deixado de se basear em manifestações esporádicas, exigindo uma abordagem contínua e sistemática.

É importante para as empresas terem um espírito inovador para a resolução de problemas e, assim, se conseguirem diferenciar dos seus concorrentes.

No campo da resolução inventiva de problemas destaca-se a metodologia TRIZ, que ajuda as empresas a encontrar soluções criativas e inovadoras, sendo uma metodologia com utilização crescente pelas grandes empresas.

Porém, ainda há algumas áreas em que a aplicação da metodologia TRIZ não foi suficientemente explorada, podendo se tornar numa mais-valia para as empresas, nomeadamente, a aplicação da TRIZ na manutenção industrial.

A manutenção autónoma é uma forma de manutenção que visa melhorar a gestão da manutenção de uma empresa, apelando à interdisciplinaridade, ao trabalho em equipa, à organização e à responsabilidade a vários níveis de uma empresa, podendo tornar uma gestão de manutenção mais eficaz e eficiente.

O objetivo principal da presente tese foi explorar as potencialidades de aplicação de alguns instrumentos analíticos da Metodologia TRIZ em conjunto com as técnicas da Manutenção Autónoma na resolução dos problemas da manutenção industrial.

1.2. Estrutura da Tese

A presente dissertação contém 7 capítulos:

1. Introdução
2. TRIZ – Teoria de Resolução Inventiva de Problemas
3. Manutenção Industrial
4. Manutenção Autónoma
5. Estudos Anteriores de Aplicação Conjunta da TRIZ e Manutenção Autónoma
6. Casos de Estudo
7. Conclusões

A parte final inclui ainda os Anexos.

No **Capítulo 1, Introdução**, apresenta-se o enquadramento e os objetivos da dissertação e também a sua organização.

O **Capítulo 2, TRIZ – Teoria de Resolução Inventiva de Problemas**, refere-se à história da TRIZ, às suas grandes vantagens, aos seus principais conceitos, aos seus parâmetros essenciais e às suas ferramentas mais utilizadas.

No **Capítulo 3, Manutenção Industrial**, faz-se uma breve introdução à manutenção, referindo a sua interdisciplinaridade, os tipos de manutenção existentes, os seus níveis, os seus parâmetros e, por fim, os seus custos.

No **Capítulo 4, Manutenção Autónoma**, é feita uma breve introdução à manutenção autónoma e ao TPM – *Total Productive Maintenance*.

O **Capítulo 5, Estudos Anteriores de Aplicação Conjunta da TRIZ e Manutenção Autónoma**, descreve os estudos existentes de aplicação conjunta da TRIZ e Manutenção Autónoma.

No **Capítulo 6, Casos de Estudo**, são apresentados três casos de estudo, em que foi aplicada a metodologia TRIZ para resolver os problemas encontrados em atividades da manutenção. Em cada caso estudado foi aplicada uma ferramenta ou conceito diferente da TRIZ.

E, para finalizar, o **Capítulo 7**, contém as **Conclusões** e propostas de trabalhos futuros.

2. TRIZ - Teoria de Resolução Inventiva de Problemas

A competitividade no mercado é cada vez maior, fazendo com que as empresas menos inovadoras fiquem para trás. A inovação é essencial no mercado atual, por isso, é importante que as empresas tenham isto em mente e que não se preocupem com a criatividade apenas na conceção de produtos em si, mas sim em todos os processos existentes na organização. Ser inovador na criação de produtos pode permitir a entrada em novos mercados e a redução dos custos. Assim, deve haver a preocupação com a inovação em todas as áreas funcionais da organização.

A Teoria de Resolução Inventiva de Problemas mais conhecida pelo seu acrónimo TRIZ - *Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch*, é uma ferramenta de inovação utilizada nas resoluções de problemas onde a aplicação das boas práticas de engenharia ou gestão não é suficiente, servindo também para a ativação da criatividade na resolução de problemas.

Victor Fey (2004) refere que, apesar de a TRIZ ter dado repetidamente provas da sua extrema eficiência como método de inovação, ainda assim, muitas empresas de topo ignoram esta metodologia, apenas uma pequena porção destas empresas é que experimentaram e utilizam a TRIZ de uma forma mais ou menos regular. Segundo InnoSkills (2009), as empresas como Allied Signal Aerospace Sector, Chrysler Corp., Emerson Electric, Ford Motor Co., General Motors Corp., Johnson & Johnson, Procter & Gamble, 3M, Siemens, Phillips, LG Rockwell International, UNISYS, Xerox Corporation e Sony, têm utilizado a TRIZ para as suas posições competitivas.

Deve ter-se em atenção, que a metodologia TRIZ apesar de ter iniciado o seu desenvolvimento nos anos 40 e que o primeiro trabalho do tema foi divulgado em 1969, apenas no início dos anos 90 é que começou a ser divulgada fora da ex-União Soviética.

Sendo inovação o tema da atualidade é notório o crescimento da TRIZ nestes últimos anos. É cada vez mais frequente encontrar artigos e trabalhos sobre a aplicação da TRIZ nas grandes empresas.

Segundo Helenas Navas (2013a), TRIZ é uma metodologia especialmente apropriada para a resolução de problemas nas áreas da Ciências e da Engenharia. Porém, TRIZ também tem-se revelado como uma ferramenta que pode ser utilizada na educação. TRIZ foi utilizado por Sire, Haefelé e Dubois (2012) como uma ferramenta para desenvolver um método de ensinar a própria metodologia TRIZ. Em 2011 foram incluídas no programa educacional de França 50 horas de aulas dedicadas à metodologia de inovação baseada na TRIZ, mas como os professores não tinham formação nesta metodologia, foi desenvolvido pelos autores um método de ensinar TRIZ utilizando a própria TRIZ.

2.1. Evolução Histórica da TRIZ

A metodologia TRIZ começou a ser desenvolvida em 1946 por Genrich Saulovich Altshuller. Apesar de não ter tido um curso universitário, Altshuller foi uma pessoa curiosa, um inventor e inovador. E como tal, estudou patentes de diferentes áreas, tendo em vista encontrar alternativas mais eficazes para os métodos de resolução de problemas até então disponíveis, como o *brainstorming*. Altshuller e os seus colaboradores procuraram perceber e definir os processos envolvidos na obtenção das soluções criativas contidas nas patentes. Após analisarem mais de um milhão e meio de patentes (Navas, 2013a), Altshuller e a sua equipa chegaram à conclusão de que mais de 90% dos problemas que os engenheiros enfrentam já têm sido solucionados antes, na mesma ou noutra área. Muitas das soluções podem derivar do conhecimento já existente na empresa, indústria ou noutra indústria (InnoSkills, 2009).

Desconhecido até 1991, TRIZ foi introduzido no meio científico e empresarial americano através da *Invention Machine Corp.*, e a partir daí, centenas de pequenas e grandes empresas dos dois lados do Pacífico, nomeadamente, no Japão e no Sudeste Asiático, têm explorado TRIZ.

2.2. Introdução à Metodologia TRIZ

Segundo João Molina (2013), a TRIZ “é uma ciência internacional de criatividade que se baseia no estudo dos padrões de problemas e soluções, e não na criatividade espontânea e intuitiva de indivíduos ou grupos”.

Para Altshuller, uma teoria de solução de problemas deve (Pimentel, 2004):

- Ser um procedimento sistemático passo a passo;
- Ser um guia através do universo das soluções conhecidas para a solução ideal;
- Ser repetível, confiável e independente de ferramentas psicológicas;
- Permitir o acesso à base de dados das soluções inventivas;
- Permitir adicionar novas informações à base de dados das soluções inventivas;
- Seguir passos habituais dos inventores, percorrendo o processo normal de criação

A Figura 2.1 ilustra o esquema de um processo normal de criação.

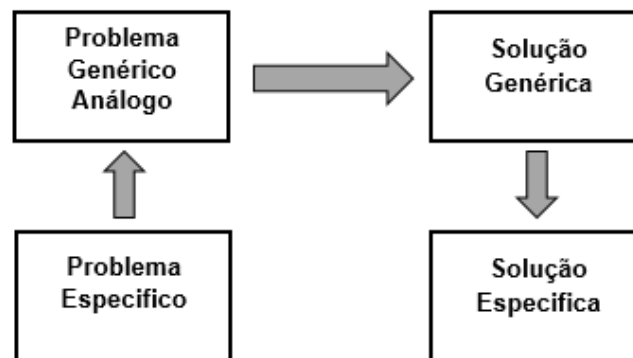


Figura 2.1 - Processo normal de criação
(adaptado de Navas, Machado, 2013)

Na Figura 2.2 pode-se observar onde a metodologia TRIZ é aplicada num processo de criação.

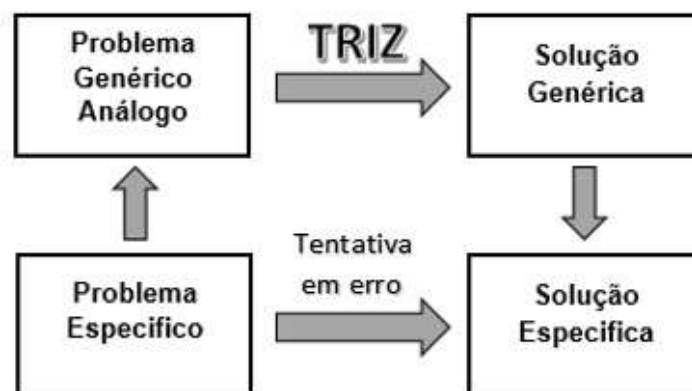


Figura 2.2 - Posicionamento da TRIZ num processo de criação
(adaptado de Molina, 2013)

A TRIZ baseia-se nos conhecimentos de várias ciências, ciências naturais, ciências exatas, ciências que estudam o comportamento humano e a sociedade, determinando e categorizando as características comuns, aspetos de sistemas técnicos e processos tecnológicos que precisam de ser melhorados ou inventados, tal como o processo da invenção em si.

Tal como referido anteriormente, Genrich Altshuller analisou mais de um milhão e meio de patentes. Após analisar as patentes, Altshuller identificou 5 níveis inventivos, que estão apresentados na tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Cinco níveis inventivos de Altshuller
(adaptado de Navas, 2013a)

Nível	Descrição do nível	Representatividade das patentes analisadas
1	Soluções de rotina utilizando métodos bem conhecidos na respetiva área da especialidade	30%
2	Pequenas correções em sistemas existentes recorrendo a métodos conhecidos na indústria	45%
3	Melhorias importantes que resolvem contradições em sistemas típicos de um dado ramo da indústria. É onde aparecem soluções criativas de projetos.	20%
4	Soluções baseadas na aplicação de novos princípios científicos.	4%
5	Soluções inovadoras baseadas em descobertas científicas não anteriormente exploradas.	1%

A TRIZ tem como objetivo auxiliar a resolução de problemas que surgem nos projetos dos níveis 3 e 4, que são problemas em que as resoluções tradicionais não conseguem resolver.

2.3. Características da TRIZ

Segundo Semyon D. Savransky (2000), a TRIZ pode ser definida como sendo uma metodologia sistemática, orientada ao ser humano, baseada em conhecimentos, para a resolução de problemas inventivos, podendo esta definição ser explicada em quatro partes:

- Conhecimento – TRIZ é baseada em conhecimentos porque:
 - As suas heurísticas de resolução de problemas foram baseadas num número significativo de patentes analisadas em vários campos da engenharia;
 - Faz uso dos conhecimentos das ciências da natureza e da engenharia;
 - Utiliza conhecimentos referentes ao sistema, processos e técnicas para solucionar problemas específicos.
- Orientada ao ser humano – As heurísticas da TRIZ foram concebidas para uso humano e não computacional, sendo eficaz na resolução de problemas concetuais em que o cérebro humano é mais adequado e fundamenta-se no uso de *guidelines*.

- Sistemática – TRIZ é uma metodologia sistemática porque:
 - Contém métodos estruturados para orientar a resolução de problemas;
 - Considera a situação problemática, a solução e o processo de solução como sistemas.
- Solução inventiva de problemas – O propósito da metodologia TRIZ é trazer mais criatividade quanto à resolução de problemas.

É importante realçar que a metodologia TRIZ oferece a capacidade de analisar e resolver problemas procurando soluções inovadoras, sendo assim diferente de outras metodologias. As metodologias como *brainstorming*, mapa mental, pensamento lateral, análise morfológico, etc., têm a capacidade de identificar um problema, mas a capacidade de oferecer uma solução é mais escassa.

2.4. Conceitos Fundamentais da TRIZ

Os conceitos fundamentais da TRIZ são a idealidade, a contradição e os padrões de evolução, entre outros.

2.4.1. Idealidade

O conceito da idealidade refere-se à evolução dos sistemas técnicos, ao longo da sua vida útil, onde as funções tornam-se cada vez mais fiáveis, simples e eficientes, ou seja, cada vez mais ideal. Uma vez que se melhora um sistema técnico, este fica mais próximo do ideal (Altshuller, 2002). A ocorrência deste fato pode ser observada tanto por meio das melhorias incrementais, como das inovações radicais em produtos (Molina, 2013).

A idealidade de um sistema pode ser descrita pela expressão matemática seguinte (Goldberg, 2004):

$$Idealidade = \frac{\sum Funções Benéficas}{\sum Funções Prejudiciais} \quad (1)$$

Nesta quantificação da idealidade também se pode considerar os custos, além dos efeitos indesejáveis, ficando a expressão matemática (Pimentel, 2004):

$$Idealidade = \frac{\sum Benefícios}{\sum Despesas + \sum Efeitos Indesejáveis} \quad (2)$$

Segue então um exemplo que ilustra o conceito da idealidade:

O primeiro petroleiro existente tinha um rácio de carga/peso de 50/50%, ou seja, o petróleo carregado representava metade do peso total do petroleiro totalmente carregado. Na atualidade, os superpetroleiros têm um rácio de carga/peso de 98/2% (Figura 2.3).



Figura 2.3 - Evolução do rácio carga/peso dos petroleiros
(Ideation, s.d.)

2.4.2. Contradição

Segundo Altshuller, todos os problemas contêm contradições e derivam delas (Altshuller, 2002). Uma contradição ocorre quando ao tentar melhorar uma característica ou um parâmetro de um sistema, prejudica-se com isso uma outra característica ou parâmetro.

Existem dois tipos de contradições: Técnicas e Físicas.

Contradição Técnica: Ocorre quando se tenta melhorar uma determinada propriedade ou função do sistema e isso leva à deterioração de outras.

- **Exemplo:** Para aumentar a velocidade do avião, é colocado um motor mais potente (melhoramento). Porém, a solução leva ao aumento do peso do avião (efeito negativo).

Contradição Física: Ocorre quando duas propriedades opostas são exigidas pelo mesmo sistema técnico.

- **Exemplo:** O trem de aterragem é um elemento necessário no avião para efetuar descolagem e aterragem. Mas é um elemento que deve ser recolhido quando o avião está no ar, pois aumenta a força de arrasto.

2.4.3. Padrões de Evolução

Durante o estudo das patentes, Genrich Altshuller observou que os sistemas e processos técnicos têm algumas semelhanças no seu desenvolvimento. Altshuller identificou estas semelhanças, classificando-as em oito categorias que chamou de Padrões de Evolução.

Os Padrões de Evolução podem ser utilizados para resolver problemas complexos, prever a evolução dos sistemas e criar ou melhorar as ferramentas usadas para resolver problemas inventivos. Existem oito Padrões de Evolução, que são os seguintes (Altshuller, 2002):

1. Ciclo de vida – Refere-se à evolução de um sistema técnico ao longo do tempo;
2. Dinamização – Refere-se à transformação de um sistema técnico rígido em flexível;
3. Ciclo de Multiplicação – Refere-se à adição de elementos num sistema técnico;
4. Transição de nível macro a micro – Refere-se à transformação de tamanho de um sistema técnico de maior para menor. Exemplo: Com a evolução no tempo, os dispositivos de armazenamento de memória têm cada vez maior capacidade de armazenamento mas com tamanhos cada vez mais reduzidos;
5. Sincronização – Refere-se à sincronização de vários sistemas técnicos ou de parâmetros;
6. Aumento ou diminuição da escala – Refere-se ao aumento ou diminuição de escala de objetos ou fenómenos;
7. Desenvolvimento de elementos;
8. Diminuição da intervenção humana (Automatização) – Refere-se ao desenvolvimento de sistemas técnicos capazes de atuarem por si, libertando as pessoas para efetuarem trabalho intelectual.

2.5. Ferramentas e Técnicas da TRIZ

A metodologia TRIZ tem várias ferramentas, sendo as mais divulgadas, os Princípios de Invenção e a Matriz de Contradições, o ARIZ – Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas e SuField – Análise Substância-Campo.

2.5.1. Princípios Inventivos e a Matriz de Contradições

De entre todas as ferramentas da metodologia TRIZ, a matriz de contradições é, sem dúvida, a mais utilizada. Esta ferramenta é baseada em 39 parâmetros técnicos ou de engenharia (Tabela 2.2) e 40 princípios inventivos (Tabela 2.3) (Navas, 2013a).

A Matriz de Contradições (Anexo A) é consultada da seguinte maneira:

1. Identificar nas linhas os parâmetros técnicos a serem melhorados;
2. Identificar nas colunas os parâmetros técnicos prejudicados com a melhoria dos outros;
3. No cruzamento das linhas com as colunas encontram-se os princípios inventivos indicados para a resolução da contradição.

Tabela 2.2 - Parâmetros técnicos segundo o TRIZ
(Navas, 2013 a)

1	Peso (objeto móvel)
2	Peso (objeto imóvel)
3	Comprimento (objeto móvel)
4	Comprimento (objeto imóvel)
5	Área (objeto móvel)
6	Área (objeto imóvel)
7	Volume (objeto móvel)
8	Volume (objeto imóvel)
9	Velocidade
10	Força
11	Tensão, Pressão
12	Forma
13	Estabilidade do objeto
14	Resistência
15	Durabilidade (objeto móvel)
16	Durabilidade (objeto imóvel)
17	Temperatura
18	Claridade
19	Energia dispensada (objeto móvel)
20	Energia dispensada (objeto imóvel)
21	Potência
22	Perda de energia
23	Perda de massa
24	Perda de informação
25	Perda de tempo
26	Quantidade de matéria
27	Fiabilidade
28	Precisão de medição
29	Precisão de fabrico
30	Fatores prejudiciais que atuam sobre o objeto
31	Efeitos colaterais prejudiciais
32	Manufaturabilidade
33	Conveniência de uso
34	Mantenção
35	Adaptabilidade
36	Complexidade do dispositivo
37	Complexidade no controlo
38	Nível de automação
39	Produtividade

Para solucionar as contradições entre os parâmetros técnicos apresentados na Tabela 2.2, utilizam-se os princípios de invenção apresentados na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Princípios de invenção do TRIZ
(Navas, 2013 a)

1	Segmentação
2	Extração
3	Qualidade local
4	Assimetria
5	Combinação
6	Universidade
7	Nidificação
8	Contrapeso
9	Contra-acção prévia
10	Ação prévia
11	Amortecimento prévio
12	Equipotencialidade
13	Inversão
14	Esfericidade
15	Dinamismo
16	Ação parcial ou excessiva
17	Transição para uma nova dimensão
18	Vibrações mecânicas
19	Ação periódica
20	Continuidade de uma ação útil
21	Corrida apressada
22	Conversão de prejuízo em proveito
23	Reação
24	Medição
25	Auto-serviço
26	Cópia
27	Objeto económico com vida curta (descartável)
28	Substituição do sistema mecânico
29	Utilização de sistemas pneumáticos ou hidráulicos
30	Membranas flexíveis ou películas finas
31	Utilização de materiais porosos
32	Mudança de cor
33	Homogeneidade
34	Rejeição e recuperação de componentes
35	Transformação do estado físico ou químico
36	Mudança de fase
37	Expansão térmica
38	Utilização de oxidantes fortes
39	Ambiente inerte
40	Materiais compósitos

As definições dos Parâmetros Técnicos e dos Princípios de Invenção encontram-se no Anexo B.

2.5.2. ARIZ – Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas

O ARIZ é uma sigla russa que significa "Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas". É uma ferramenta analítica importante para a solução de problemas. Este algoritmo descreve sequencialmente as ações que devem ser feitas para identificar e resolver as contradições, ou seja, descreve o próprio processo da resolução inventiva de problemas.

ARIZ é um processo lógico estruturado, que faz evoluir, de forma incremental, um problema complexo para um ponto em que se torna simples de resolver. Altshuller dizia que o ARIZ era especialmente apropriado para resolver problemas fora do habitual, sendo uma ferramenta que visa auxiliar o pensamento, não para substituir o pensamento (Navas, 2013a). Na Figura 2.4 estão apresentados os passos mais importantes do ARIZ.

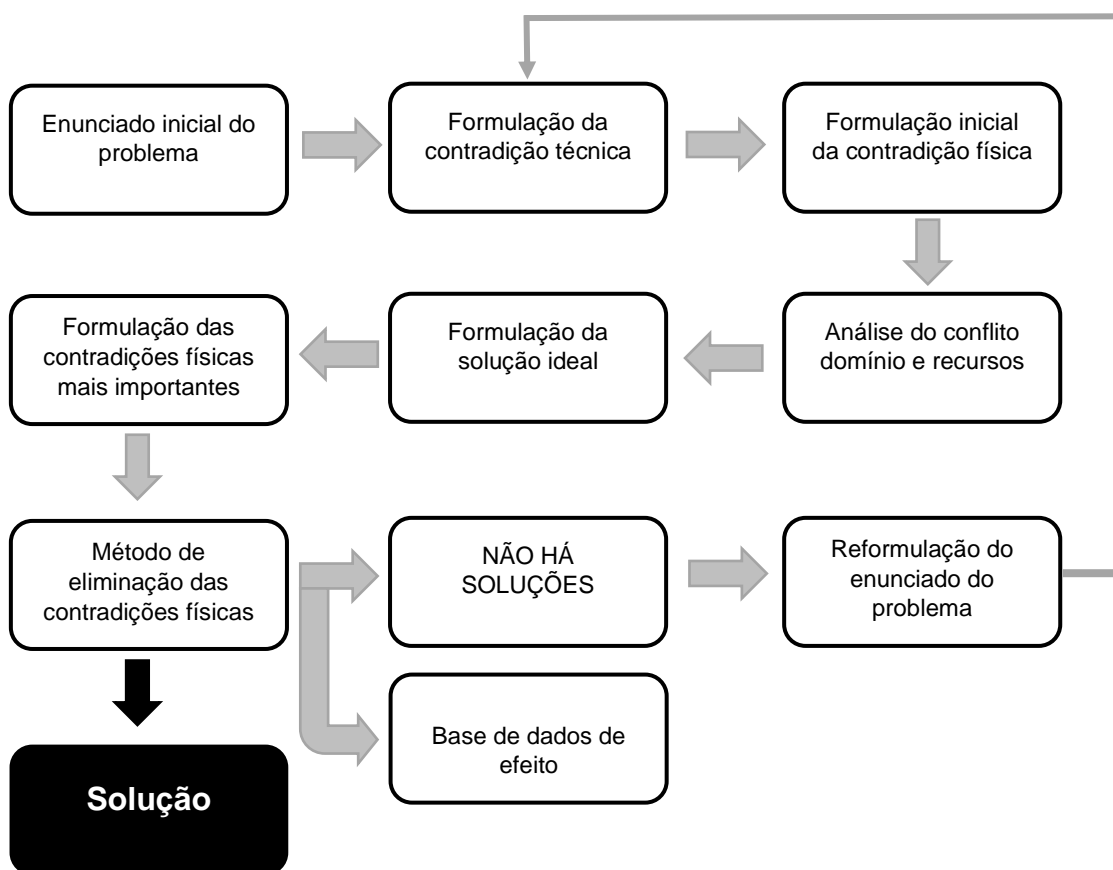


Figura 2.4 - Passos mais importantes do ARIZ (adaptado de Navas, 2013a)

A versão do ARIZ apresentada na figura 2.4 apenas contém os passos mais importantes. Atualmente, a versão mais utilizada do algoritmo é a versão ARIZ-85c que contém 85 etapas, sendo que a versão mais recente tem cerca de 100 etapas diferentes.

No algoritmo ARIZ começa-se pela análise do enunciado do problema, depois formulam-se as contradições técnicas, e procura-se na tabela de contradições, quais os princípios inventivos a utilizar. Procede-se então à análise de conflitos, sendo que, os elementos em conflito incluem a peça que é o elemento que necessita de ser alterado e a ferramenta que é responsável por essa alteração. É recomendável a construção de modelos gráficos por forma a facilitar a identificação do problema/conflito.

O passo seguinte é a formulação do problema em termos do Resultado Final Ideal (RFI), sendo uma solução considerada RFI se existe, a obtenção de uma nova característica benéfica ou a eliminação de uma característica prejudicial sem degradar as outras ou sem criar novas que também sejam prejudiciais.

O RFI é em seguida transformado em contradição física mais pormenorizada. A eliminação da contradição física baseia-se em três princípios:

- Separação temporal das propriedades antagónicas;
- Separação espacial das propriedades antagónicas;
- Separação das propriedades antagónicas por redistribuição das mesmas no interior do sistema.

Se o problema não for resolvido, este deve ser reformulado e o processo é repetido (Molina, 2013; Navas, 2013a).

2.5.3. SuField - Análise Substância-Campo

A Análise Substância-Campo, também conhecido pela denominação SuField, é uma ferramenta útil na identificação de problemas num sistema técnico e na busca de soluções inovadoras para os problemas identificados. Reconhecida como uma das ferramentas mais valiosas da metodologia TRIZ, SuField é capaz de modelar um sistema apenas com uma abordagem gráfica simples, identificar problemas e também oferecer soluções padronizadas para a melhoria do sistema em estudo (Machado, Navas, 2010).

Para definir um sistema técnico na SuField, são necessários e suficientes duas substâncias e um campo (Figura 2.5).

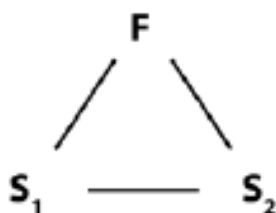


Figura 2.5 - Diagrama elementar da SuField

Da figura anterior, as substâncias S1 e S2 envolvidas na interação podem ser:

- Material;
- Ferramenta;
- Componente;
- Pessoa;
- Ambiente.

O campo F que atua sobre as substâncias pode ser:

- Mecânico;
- Térmico;
- Químico;
- Elétrico;
- Magnético.

Uma substância age sobre outra, criando benefícios ou danos. A função é modelada em forma de triângulos, na qual, os problemas são representados através de diferentes tipos de linhas ou linhas inexistentes, representando exatamente o que é correto e o que é errado.






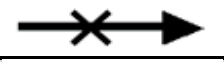

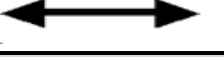
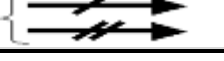
Uma vez concluída a construção do diagrama, ou seja, identificado o problema, a solução padrão pode ser encontrada e aplicada para corrigir problemas, alterando, retirando ou adicionando substâncias ou campos. Os modelos SuField levam os utilizadores à realização de uma análise detalhada das funções (Navas, 2013b).

O processo de construção dos modelos funcionais passa normalmente pelos seguintes estágios (Altshuller, 1999):

- Recolha da informação disponível;
- Construção do diagrama de Substância-Campo;
- Identificação da situação problemática;
- Escolha de uma das opções genéricas;
- Desenvolvimento de uma solução específica para o problema;

Para se construírem os modelos Substância-Campo, utiliza-se a notação descrita na tabela 2.4. Esta notação visa representar as relações existentes entre as substâncias em análise e que mudará consoante o desenvolvimento do sistema.

Tabela 2.4 - Notação utilizada nos modelos de substância-campo

Símbolos	Significado
	Conexão (normal)
	Ação ou efeito desejado
	Inatividade
	Ação ou efeito desejado insuficiente
	Ação ou efeito prejudicial
	Quebra de conexão
	Operador de solução
	Interação
	Várias ações

Existem quatro modelos básicos de Substância-Campo:

1. Sistema completo (Figura 2.5).
2. Sistema incompleto – É necessário completá-lo ou construir um sistema novo (Figura 2.6).



Figura 2.6 - Resolução de um sistema incompleto

3. Sistema completo insuficiente ou ineficiente – É necessário melhorá-lo, modificando as substâncias e o campo ou utilizar uma nova substância para criar o efeito desejado (Figura 2.7).



Figura 2.7 - Resolução de um sistema completo insuficiente

4. Sistema completo com efeito prejudicial – É necessário eliminar o efeito negativo, criando um novo campo com uma nova substância (Figura 2.8).

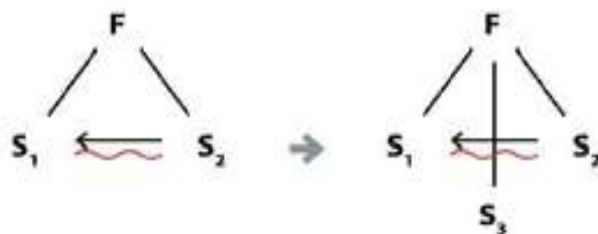


Figura 2.8 - Resolução de um sistema completo com efeito prejudicial

A SuField tem 76 soluções-padrão que são soluções genéricas que podem ser usadas como modelos para solucionar problemas e estão divididas em 5 classes e apresentadas na Tabela 2.5.

Tabela 2.5 - Classes das soluções-padrão

Classe	Descrição	Soluções-Padrão
1	Construção ou destruição de Substância-Campo	13
2	Desenvolvimento de uma Substância-Campo	23
3	Transição de um sistema base para um supersistema ou para um subsistema	6
4	Medir ou detetar qualquer coisa dentro de um sistema técnico	17
5	Introdução de substâncias ou campos dentro de um sistema técnico	17
Total		76

As 76 soluções-padrão e as suas descrições estão no Anexo C.

As 76 soluções-padrão podem ser condensadas e generalizadas em 7 soluções gerais:

- Solução Geral 1 – Completar um modelo Substância-Campo que se encontre incompleto (Figura 2.9).

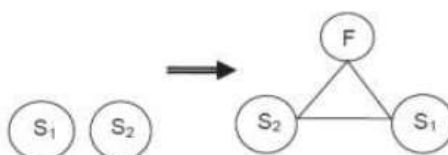


Figura 2.9 - Solução Geral 1

- Solução Geral 2 – Modificar a substância S2 para eliminar/reduzir o impacto negativo ou para produzir/melhorar o impacto positivo (Figura 2.10).

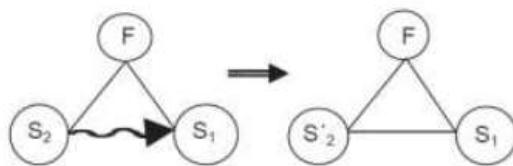


Figura 2.10 - Solução Geral 2

- Solução Geral 3 – Modificar a substância S1 para eliminar/reduzir o impacto negativo ou para produzir/melhorar o impacto positivo (Figura 2.11).

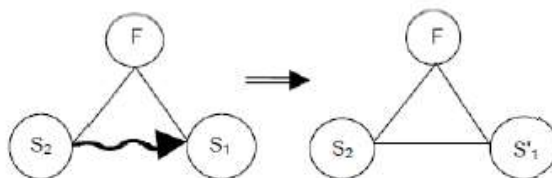


Figura 2.11 - Solução Geral 3

- Solução Geral 4 – Modificar o campo F para eliminar/reduzir o impacto negativo ou para produzir/melhorar o impacto positivo (Figura 2.12).

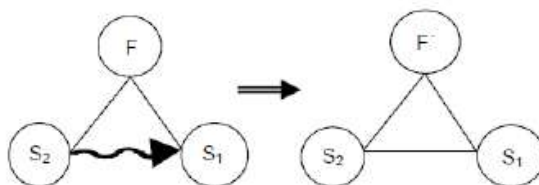


Figura 2.12 - Solução Geral 4

- Solução Geral 5 – Eliminar, neutralizar ou isolar o impacto negativo utilizando outro campo F_x que interaja com o sistema (Figura 2.13).

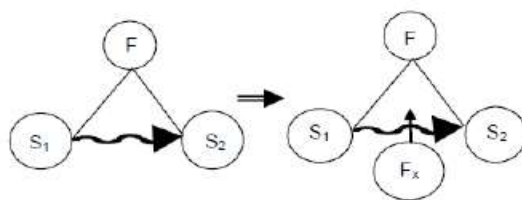


Figura 2.13 - Solução Geral 5

- Solução Geral 6 – Introduzir um novo campo positivo (Figura 2.14).

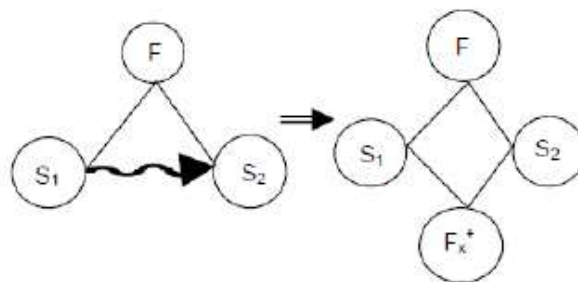


Figura 2.14 - Solução Geral 6

- Solução Geral 7 – Expandir um modelo Substância-Campo existente para um novo sistema em cadeia (Figura 2.15).

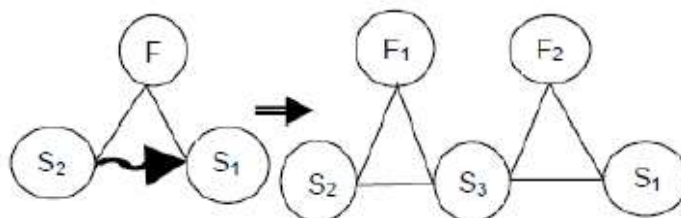


Figura 2.15 - Solução Geral 7

A generalização das 76 soluções-padrão em 7 soluções gerais traz uma maior facilidade quanto à aplicação da análise substância-campo. O utilizador deve sempre partir do sistema incompleto identificando as substâncias do problema e depois selecionar a solução geral e a função mais adequada a aplicar para atenuar ou até eliminar o problema, podendo deste modo gerar soluções criativas e inovadoras.

3. Manutenção Industrial

3.1. Introdução à Manutenção

Desde a revolução industrial do século XIX que o conceito da manutenção tem vindo a sofrer várias alterações. De acordo com a NP EN 13306:2007 a manutenção é a “combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que pode desempenhar a função requerida”.

O conceito de manutenção começou a ganhar expressão no século XIX, quando os equipamentos eram reparados pelos próprios operadores. A manutenção ganhou uma importância significativa com a evolução na indústria durante a 1ª Guerra Mundial, levando assim à introdução de equipas especializadas, com o objetivo de garantir que as reparações de cariz corretivo sejam efetuadas num menor espaço de tempo possível.

Nos anos 40, durante a II Guerra Mundial, a manutenção deu mais um passo em frente, introduzindo o conceito de manutenção preventiva na aviação, dado que a resolução de problemas técnicos durante o voo era bastante complicado ou mesmo inviável.

A partir dos anos 60, o uso dos computadores e processadores permitiu obter informações de aproximação eminente de falhas no equipamento e foi nascendo assim a manutenção condicionada ou preditiva, sendo ainda complementada com novos conhecimentos de utilização dos materiais e de controlo das técnicas de fabrico. Com a introdução da microeletrónica os conceitos de manutenção condicionada e preditiva, e mesmo o próprio conceito de manutenção, deram um "salto" significativo, ao poderem contar com os aparelhos de medição que efetuam a monitorização em tempo real do estado do equipamento, evitando assim a ocorrência de falhas.

Na década de 70 foi introduzido o conceito de manutenção denominado por Terotecnologia. O conceito é baseado na fiabilidade, na conceção e nos custos de serviço, sendo uma junção das atividades de gestão, engenharia e finanças, tendo como objetivo conjugar uma maior vida útil dos equipamentos com a minimização dos custos.

No mesmo período surge no Japão um outro novo conceito de manutenção denominado de TPM – *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total). Segundo José Farinha (Farinha, 2011), as noções de Terotecnologia e TPM são idênticas, mas TPM tem preocupações adicionais, como a motivação do pessoal. A Figura 3.1 ilustra a evolução temporal da manutenção.

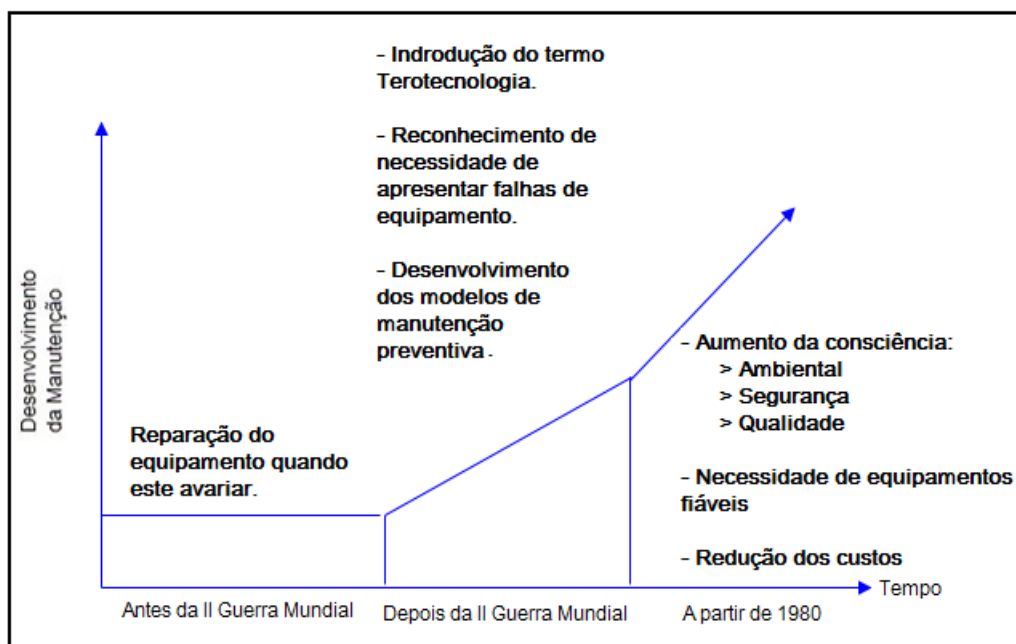


Figura 3.1 - Evolução temporal da manutenção
(adaptado de Al-Shayea, 2007)

Sendo considerada por muitos como um componente essencial para a indústria segundo Artur Rangel (2008), “a manutenção constitui parte da solução para uma empresa poder sobreviver num mercado altamente competitivo como o atual”. A manutenção é ainda encarada por algumas empresas como uma despesa, não considerando assim, um bom investimento. Segundo J.-P. Souris (1992), a ausência de manutenção ou a falta de eficácia dos equipamentos de produção é sem dúvida uma das causas da falha que a empresa pode reduzir.

É fácil dizer que a manutenção tem custos elevados, no entanto deve ter sempre em conta também aquilo que a empresa não ganha (ou perde) com a falta de eficácia do equipamento.

Existem no entanto, várias condicionantes que podem limitar a implementação e o modo de funcionamento da manutenção, como por exemplo, a disponibilidade financeira, duração prevista dos equipamentos, nível de produtividade desejado, etc..

Uma gestão da manutenção adequada traduz-se em melhor qualidade de produção e redução de custos, enquanto uma má gestão de manutenção dos equipamentos leva-os à avaria, logo terá de investir no seu arranjo e talvez na sua substituição, traduzindo-se assim num custo elevado e pontual, podendo afetar também a produção. No que toca à produção, uma má gestão da manutenção pode levar à perda de qualidade do produto e a paragens de produção.

A distribuição de custos é ilustrada na Figura 3.2.

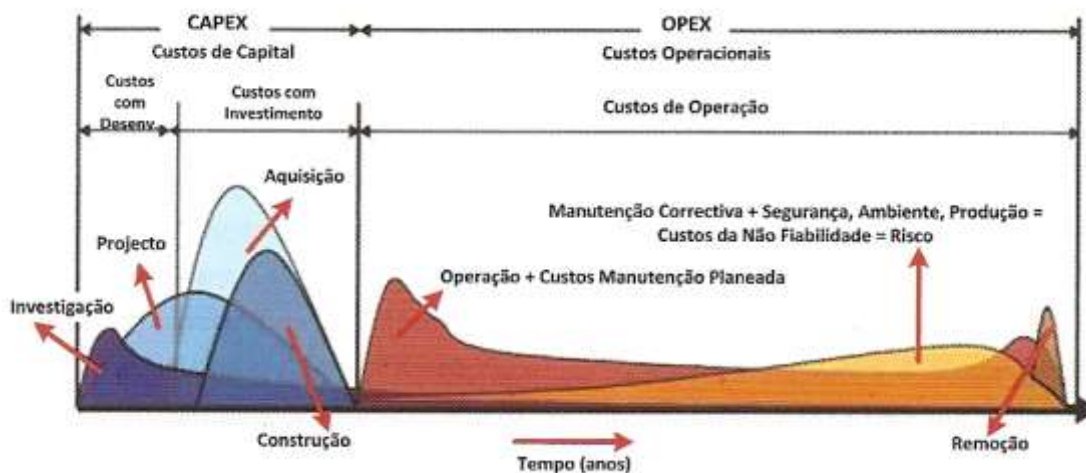


Figura 3.2 - Distribuição de custos
(Ferreira, et al., 2013)

A construção de perfil de custos ao longo do ciclo de vida do equipamento pode apoiar o planeamento financeiro a longo prazo. A missão da manutenção é diminuir a área dos Custos de Não Fiabilidade ou Risco. Esta área certamente seria muito maior sem uma manutenção planeada, podendo aumentar os custos de operação ao longo do tempo.

3.2. A Interdisciplinaridade da Manutenção

A manutenção é uma atividade interdisciplinar, pois o seu planeamento, gestão e execução envolve várias operações, departamentos e equipas como é ilustrado na Figura 3.3. Podem ser destacadas as seguintes vertentes desta interdisciplinaridade (Farinha, 2011):

- Investigação Operacional;
- Gestão de Informação;
- Engenharia;
- Fiabilidade;
- Contabilidade Geral e Analítica;
- Gestão de Stock;
- Qualidade.



Figura 3.3 - Interdisciplinaridade da manutenção
(adaptado de Farinha, 2011)

Esta interdisciplinaridade é mais notória quando são aplicados métodos como a Manutenção Autónoma, TPM e Terologia (Terotecnologia), pois todo este envolvimento é crucial para uma boa implementação das mesmas.

3.3. Tipos de Manutenção

As empresas devem planear o tipo de manutenção a efetuar de acordo com os equipamentos que possuam e as suas necessidades.

Existem várias formas de manutenção. Na figura seguinte (Figura 3.4) são ilustradas as formas de manutenção distinguidas na NP EN 13306:2007.

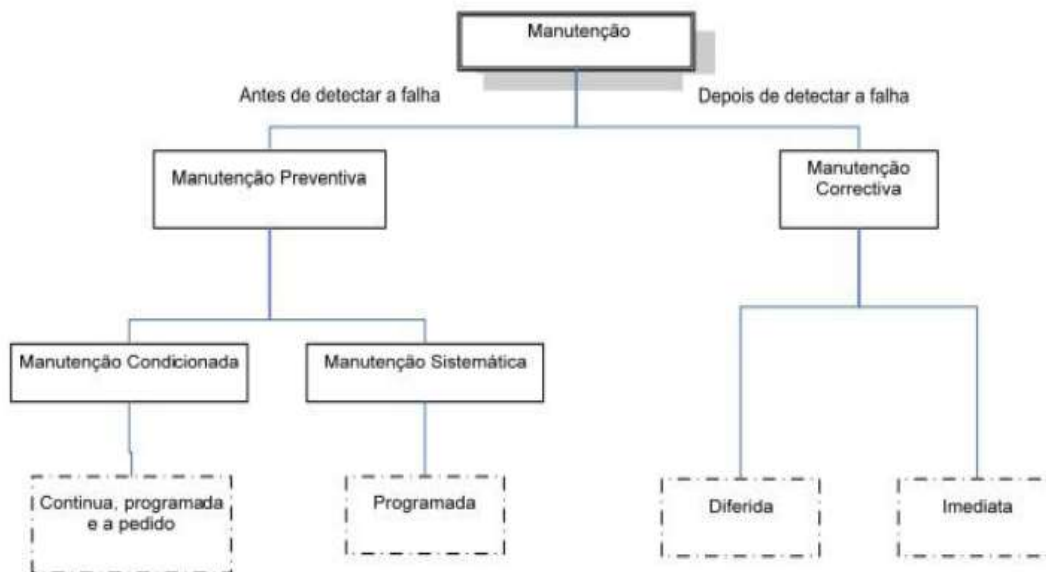


Figura 3.4 - Formas de manutenção definidas na NP EN 13306:2007 (NP EN 13306:2007)

Como se pode observar na figura, na norma portuguesa a manutenção é subdividida em dois tipos, o antes de detectar a falha e o depois de detectar a falha.

Esta visão também é identicamente partilhada por Filipe Didelet e José Viegas, mas estes definem a manutenção efetuada “antes de detectar a falha” como manutenção planeada e a efetuada “depois de detectar a falha” como manutenção não planeada, acrescentado o conceito de manutenção correctiva/curativa (Figura 3.5).



Figura 3.5 - Formas de manutenção, segundo Filipe Didelet e José Viegas (Didelet, et al., 2003)

Al-Shayea (2007) vai mais longe, ao distinguir ainda mais formas de manutenção, tornando assim a definição mais completa dos tipos de manutenção, como pode ser observado no diagrama seguinte (Figura 3.6).

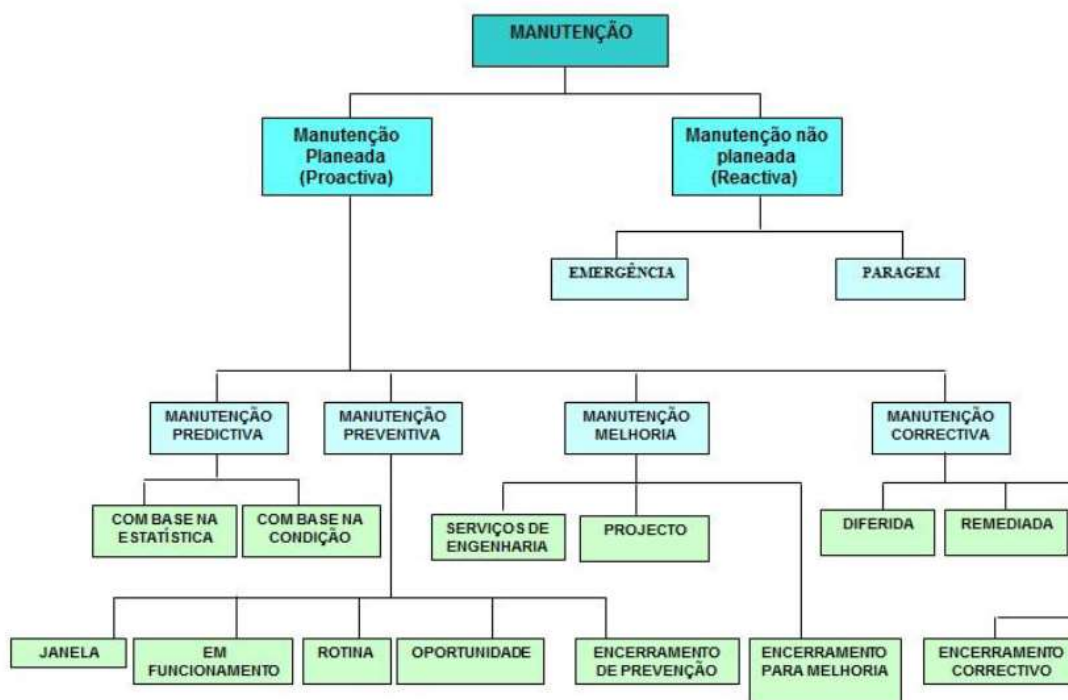


Figura 3.6 - Formas de manutenção, segundo Al-Shayea (adaptado de Al-Shayea, 2007)

Armando Farinas (2011), apenas distingue quatro tipos de manutenção que são, Manutenção Preventiva, Manutenção Preditiva, Manutenção Curativa e Manutenção Autónoma. Com esta distinção o autor acrescenta a Manutenção Autónoma, que é um dos principais pilares do TPM (Manutenção Produtiva Total).

De seguida serão explicados as principais formas de manutenção:

- Manutenção Corretiva/Curativa (Didelet, et al., 2003): A manutenção curativa é efectuada após a constatação de uma anomalia num órgão, com o objetivo de restabelecer as condições que lhe permitam cumprir a missão.
- Manutenção Preventiva (Farinha, 2011): É a manutenção efectuada em intervalos de tempo pré-determinados, ou de acordo com critérios prescritos, com finalidade de reduzir a probabilidade de avaria ou de degradação, podendo ser dividido em Manutenção Sistemática ou Condicionada.
 - Manutenção Sistemática: É efectuada em intervalos de tempo pré-estabelecidos ou segundo um número definido de unidades de utilização, mas sem controlo prévio do estado do bem.
 - Manutenção Condicionada: É baseada na vigilância do funcionamento do bem e/ou dos parâmetros significativos desse funcionamento, integrando as acções daí decorrentes.

- Manutenção Autónoma (Farinas, 2011): É um tipo de manutenção na qual o operador do equipamento aceita e partilha responsabilidades com a equipa de manutenção pelo desempenho e o estado do equipamento.

3.4. Níveis de Manutenção

Para além das formas de manutenção anteriormente apresentadas, existem também níveis de manutenção a serem considerados para se intervir da melhor maneira. Os níveis são definidos a partir da complexidade da operação a executar, correspondendo assim ao executante mais adequado para efetuá-lo.

Segundo as normas AFNOR existem 5 níveis de intervenção de manutenção (Didelet, et al., 2003):

- 1º Nível: Afinações simples previstas pelo construtor sem desmontagem do equipamento ou substituição de elementos acessíveis com toda a segurança.
Executante – Operador da máquina
- 2º Nível: Reparação através de substituição de elementos previstos para este efeito ou operações menores de manutenção preventiva.
Executante – Técnico habilitado. Em algumas situações, o operador
- 3º Nível: Identificação e diagnóstico de avarias, reparação por substituição de componentes funcionais, reparações menores.
Executante – Técnico especializado no local ou equipa de manutenção
- 4º Nível: Trabalhos importantes de manutenção corretiva ou preventiva.
Executante – Equipa de manutenção
- 5º Nível: Trabalhos de renovação, de construção ou reparações importantes.
Executante – Equipa completa de manutenção polivalente da empresa ou por subcontratação

3.5. Parâmetros da Manutenção

No sentido de desenvolver um plano de manutenção é necessário compreender e analisar a fiabilidade dos equipamentos. Para tal é necessário compreender os conceitos de Fiabilidade, Manutibilidade e Disponibilidade. A análise dos parâmetros contidos nestes conceitos ajudará a compreender as falhas dos equipamentos, podendo assim desenvolver um plano de manutenção mais adequado para cada equipamento.

3.5.1. Fiabilidade

Segundo NP EN 13306:2007, a fiabilidade é definida como a “aptidão de um bem para cumprir uma função requerida sob determinadas condições, durante um dado intervalo de tempo”. A fiabilidade também é definida por Filipe Didelet e José Carlos Viegas (2003) como sendo a capacidade que o equipamento tem de manter a qualidade do trabalho que executa durante a sua vida útil.

O parâmetro utilizado para analisar a fiabilidade denomina-se por MTBF – *Mean Time Between Failures* (Tempo Médio entre Falhas). Este parâmetro indica o tempo médio entre avarias dos equipamentos e é calculado através da expressão 3:

$$MTBF = \frac{\sum TBF}{N} \quad (3)$$

Onde:

- MTBF – *Mean Time Between Failures* (Tempo Médio entre Falhas)
- TBF – *Time Between Failures* (Tempo entre Falhas), o intervalo de tempo que decorre entre duas avarias consecutivas num determinado equipamento;
- N, número de avarias verificadas no período.

É também importante realçar que o inverso do MTBF representa um conceito importante em Manutenção, a taxa de avarias (λ).

A análise da fiabilidade envolve não só a análise do MTBF dos equipamentos, mas também o modo de degradação do material dos mesmos.

A degradação influencia a evolução da taxa de avarias ao longo do tempo, sendo esta representada pela conhecida “curva da banheira” (Figura 3.7).

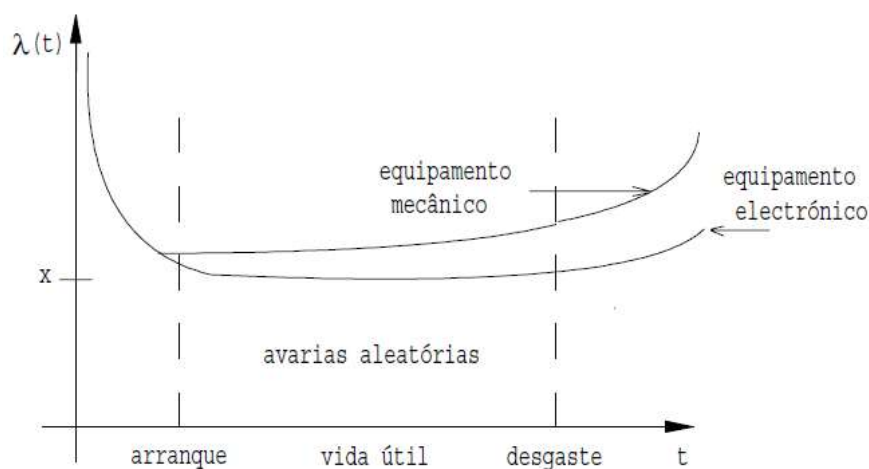


Figura 3.7 - Diagrama de ciclo de vida ("Curva da banheira")
(Didelet, et al., 2003)

A “curva da banheira” retrata três períodos distintos da vida do equipamento:

- Juventude (Arranque): Os equipamentos no início têm uma taxa de avarias mais elevada, depois decresce e tende a estabilizar. Muitos dos fabricantes fornecem um período de “*burn-in*”, podendo assim entregar aos utilizadores equipamentos já testados e rodados, eliminando o período da juventude quando o equipamento chega às mãos do cliente.
- Maturidade (Vida Útil): As avarias são aleatórias, com taxa de avarias baixa e constante.
- Velhice (Desgaste): A taxa de avarias aumenta de uma forma drástica por acumulação de danos, fadiga, degradação, etc..

3.5.2. Manutibilidade

A manutibilidade, de acordo com a NP EN 13306:2007, é definida como a “aptidão de um bem, sob condições de utilização definidas, para ser mantido ou restaurado, de tal modo que possa cumprir uma função requerida, quando a manutenção é realizada em condições definidas, utilizando procedimentos e recursos prescritos” ou de uma forma resumida “representa a probabilidade de duração de uma reparação corretamente executada” (Didelet, et al., 2003), sendo o parâmetro para a sua avaliação denominado por MTTR – *Mean Time to Repair* (Tempo Médio de Reparação).

O MTTR representa a média de tempo que leva a reparação dos equipamentos, na qual o intervalo de tempo considerado é entre a deteção de uma avaria até à retoma de trabalho, e é expressa matematicamente é a seguinte:

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{N} \quad (4)$$

Onde:

- MTTR – *Mean Time to Repair* (Tempo Médio de Reparação)
- TTR – *Time to Repair* (Tempo de Reparação);
- N - número de avarias verificadas no período.

3.5.3. Disponibilidade

A partir dos dois parâmetros anteriormente apresentados, MTBF e MTTR, consegue-se obter um parâmetro importante para qualquer sistema produtivo, a disponibilidade.

A disponibilidade, segundo a norma NP EN 13306:2007, representa a “aptidão de um bem para cumprir uma função requerida sob determinadas condições, num dado instante ou durante um dado intervalo de tempo, assumindo que é assegurado o fornecimento dos necessários recursos externos” e é calculada através da expressão matemática seguinte:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (5)$$

Onde:

- D – Disponibilidade, normalmente é expressa em percentagem.

Com esta fórmula pode-se concluir que existem duas formas de aumentar a disponibilidade; a primeira seria aumentar o MTBF, por exemplo, fazendo manutenção preventiva, e outra será diminuir o MTTR, por exemplo, transmitir alguns conhecimentos de manutenção aos operadores para diminuir o tempo de espera por indisponibilidade de técnicos.

3.6. Custos da Manutenção

A manutenção envolve custos, por vezes, significativos. Porém, como se pode observar no "iceberg" dos custos da Figura 3.8, os custos causados pela não-manutenção poderão ser bastante superiores aos custos da manutenção. Isto deve-se ao facto dos serviços e departamentos das empresas não terem em vista os objetivos das empresas através da eficiência económica global (Souris, 1992).



Figura 3.8 - "Iceberg" dos custos
(Souris, 1992)

Os custos da não-manutenção refletem-se na indisponibilidade e na degradação do funcionamento dos equipamentos, dando origem à diminuição da disponibilidade e da qualidade do produto, podendo causar por sua vez, um decréscimo nas vendas.

Os custos de manutenção podem ser divididos em custos diretos e indiretos. Os custos diretos são referentes à mão de obra, às peças e materiais utilizados nas atividades da manutenção, e a serviços, como por exemplo, a subcontratação. Os custos indiretos englobam também os gastos relacionados com as paragens não planeadas de equipamentos, os custos não diretamente relacionados com a reparação, mas sim com a perda de produção, multas de atraso de entregas ou até, degradação da imagem da empresa. No caso de as empresas optarem por não implementar planos de manutenção preventiva, podem conseguir poupar nos custos diretos, mas os custos indiretos aumentarão significativamente ao longo do tempo, podendo causar prejuízos irreparáveis.

Um dos grandes desafios da manutenção é a redução dos custos, incluindo os custos de não-manutenção.

Para aumentar a eficácia e a eficiência da manutenção foram desenvolvidas técnicas como a Manutenção Autónoma.

4. Manutenção Autónoma

A manutenção autónoma (MA) é, segundo vários autores, um dos pilares mais importantes do TPM – *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total) como é ilustrado na Figura 4.1. É um tipo de manutenção que procura a participação ativa e dos operadores de máquinas na manutenção das máquinas, garantindo com isso um funcionamento mais eficiente.

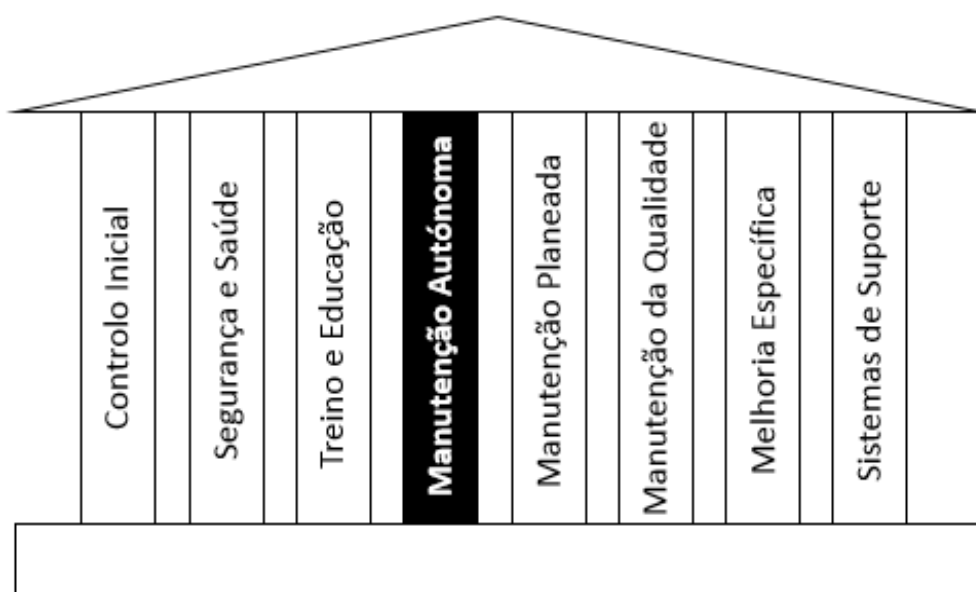


Figura 4.1 - Pilares do TPM
(adaptado de Boris, 2006)

Contudo, a aplicação da MA pode ser independente do TPM, pois ambas partem do mesmo objetivo tendo alguns pontos idênticos, sendo TPM um método mais completo. A utilização de MA ou TPM dependerá dos recursos existentes, como por exemplo, humanos, financeiro e tempo.

A aplicação da MA visa diminuir as grandes paragens das máquinas para reparações, aumentando assim o tempo da sua utilização durante a sua vida útil. Este método pode proporcionar uma ocupação mais adequada e racional dos recursos humanos.

4.1. TPM – Total Productive Maintenance

Na década de 60, as empresas japonesas empenharam-se em projetar equipamentos e linhas de produção de modo a que se eliminasse a necessidade de manutenção, recorrendo para este efeito a melhoramentos contínuos. Na altura estas atividades de melhoramento ou

aperfeiçoamento foram chamadas de Manutenção Produtiva. O passo a seguir foi juntar também os operadores de máquinas, e assim, com esta nova equipa, conseguiram resolver da melhor maneira os problemas dos equipamentos.

Assim, foi criado talvez o mais importante pilar do TPM, a Manutenção Autónoma, onde os operadores assumiram uma maior responsabilidade pela manutenção e melhoramento das máquinas que operam. Toda esta operação passou a chamar-se *Total Productive Maintenance* (TPM).

As atividades da manutenção são normalmente focadas no custo e na eficiência dos equipamentos, mas a introdução do TPM veio revolucionar este pensamento dando uma abordagem mais abrangente à manutenção. A manutenção é tida como uma atividade que afeta as empresas a vários níveis.

Segundo a Katheleen McKone (McKone et al., 1998), TPM é um método que aproxima transversalmente as empresas à manutenção tendo esta um papel vital no melhoramento dos índices de performance do fabrico. Com este método as empresas poderão melhorar não só os custos e eficiência, mas também a qualidade, flexibilidade e inovação. A Figura 4.2 ilustra os valores, o envolvimento, o programa e os objetivos do TPM.

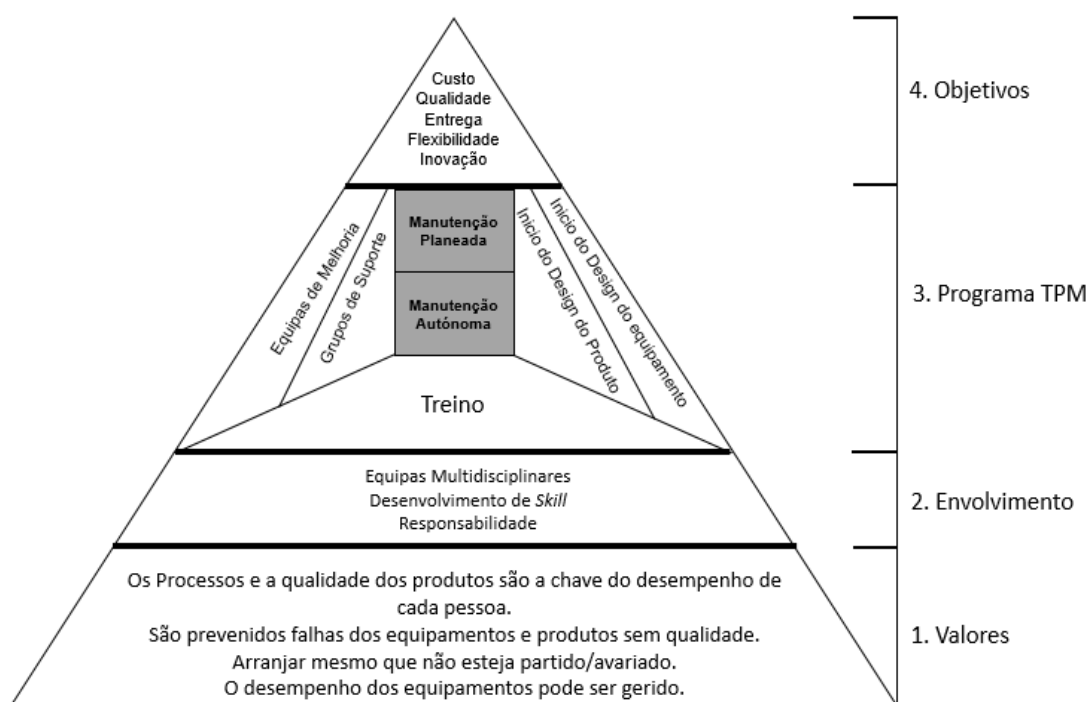


Figura 4.2 - Programa e objetivos do TPM
(adaptado de McKone, 1998)

4.2. Conceito e Implementação da Manutenção Autónoma

O conceito de MA pode ser confundido com um conceito simples, como a manutenção feita por um operador de máquina. É importante diferenciar os dois conceitos e perceber que a importância do operador na MA é muito maior que numa manutenção tradicional mas realizada pelo operador.

Uma manutenção tradicional feita pelo operador é uma simples transmissão de conhecimento de como fazer uma operação básica de manutenção ao operador. Enquanto que a MA é um conceito que envolve para além da manutenção básica, processos de melhoramento e de reparação.

Segundo Malcolm Jones (2011), a maioria das paragens (cerca de 70%) são causadas pela deterioração dos equipamentos. A aceleração da deterioração do equipamento deve-se às práticas inadequadas da manutenção e a MA visa eliminar a deterioração através da reparação (após falha), melhoramento e processos de manutenção. Para além disso, existe outro problema que a MA visa eliminar, que é a contaminação. A contaminação provoca perda de desempenho nos equipamentos e com a MA é eliminada no passo do melhoramento.

A MA é também importante na aprendizagem, uma vez que a equipa de trabalho ao inspecionar, reparar e melhorar o equipamento, desenvolve conhecimentos acerca do equipamento que permite mantê-lo e operá-lo nas melhores condições. Para além disso, a MA aumenta a sensibilidade dos operadores relativamente ao cuidado a ter com o equipamento que opera, passando a sentir-se mais responsável pelo seu estado.

É importante que as empresas que queiram aplicar a MA, envolvam o maior número de elementos, dos diferentes níveis hierárquicos, nas reuniões e procurem saber as opiniões dos operadores, pois estes são os elementos cruciais para um bom funcionamento da manutenção.

Os benefícios que a manutenção autónoma pode trazer são (Gomes, et al., 2011):

- Aumento da produtividade;
- Redução do tempo de paragens da linha de produção;
- Disponibilidade do pessoal da manutenção para solucionar outros problemas;
- Maior envolvimento dos operadores;
- Menor tempo de execução da manutenção dos equipamentos;
- Maior envolvimento entre manutenção e a produção.

A implementação da MA pode ser feita em sete passos (Gomes, et al., 2011):

1. Limpeza e inspeção;
2. Eliminação das causas de paragem das máquinas em áreas inacessíveis;

3. Elaboração de normas provisórias de limpeza, inspeção e lubrificação;
4. Proceder às inspeções gerais e verificar as condições das operações;
5. Proceder à inspeção autónoma após o treino dos operadores;
6. Padronização de todos os processos;
7. Implementação da gestão autónoma dos equipamentos.

Com a manutenção autónoma implementada, reduzirá as paragens, ao nível do pessoal, existirá uma mudança de forma de pensar e atuar e, finalmente, a mudança será notória ao nível de ambiente de trabalho.

No fim de proceder aos sete passos apresentados, o resultado ideal seria de zero avarias, zero defeitos e zero paragens por acidente.

Antes da implementação da MA, os operadores devem ter sessões de formação e treino para uma implementação eficaz. As sessões podem ser sobre definição das necessidades específicas de formação/treinos, utilização racional de recursos energéticos, limpeza e inspeção, eliminação das contaminações, gestão visual, equipamento/ferramentas de manutenção, lubrificação ou consumíveis (Farinas, 2011).

As empresas devem perceber que não é uma solução economicamente viável reparar ou até substituir os equipamentos, quando estes já atingiram o patamar de avarias graves. Os equipamentos, à medida que se forem deteriorando, vão perdendo performance, causando paragens frequentes, perda de qualidade do produto, de dinheiro e por fim do negócio. A implementação da MA pode representar para a empresa alguns gastos no início, mas após a implementação, acabará por compensar, pois se bem implementada, a manutenção autónoma poderá contribuir na melhoria da qualidade da produção, com os equipamentos a trabalharem nas condições mais adequadas, trará um ambiente mais ativo a toda a empresa e uma imagem de qualidade perante os consumidores.

5. Estudos Anteriores de Aplicação Conjunta da TRIZ e Manutenção Autónoma

O tema de aplicação conjunta da TRIZ com Manutenção Autónoma ou da até TRIZ com TPM são ainda pouco explorados. No entanto, existem alguns estudos exploratórios no que toca ao TRIZ com a Manutenção em geral. Claro que técnicas ou teorias que explorem a inovação, que é o caso da TRIZ, são sempre bem-vindas nas empresas, como dizem Helena Navas e Virgílio Machado (2011), “a inovação é crucial para o aumento da eficiência das organizações, da melhoria da sua competitividade e da rentabilidade”.

A manutenção é já um tema estudado há quase 100 anos, tendo já unificadas a maioria das suas técnicas e abordagens. Neste momento é preciso dar um "salto" e marcar a diferença, sendo certamente esta a filosofia das empresas, para garantir cada vez mais uma qualidade superior dos seus produtos, marcando e/ou consolidando a sua posição no mercado.

A TRIZ pode apoiar as empresas na inovação da manutenção, sendo utilizada no desenvolvimento dos planos de manutenção como é o exemplo do artigo produzido por Mikler, Frangoudis e Lindberg (2011), em que utilizaram a TRIZ para detetar as possíveis falhas existentes no sistema analisado para criar um plano de manutenção eficiente. Outro exemplo de planeamento de manutenção é o caso analisado pelos autores Mann, Cooney e Winkless (2003), na qual recorreram à TRIZ para detetar falhas no desempenho e na manutenção da instalação de uma indústria de produção de iogurtes.

Num outro estudo exemplo, a TRIZ foi utilizado por Hsia, Huang e Chen (2011) para melhorar a qualidade da manutenção de aeronaves e estabelecer protocolos de gestão de trabalhadores de reparação.

A IBM utilizou a metodologia TRIZ para análise de falhas do plano de manutenção preventiva existente, da forma *time based* ou da forma *run based*, e para o desenvolvimento de um novo plano de manutenção preventiva de base híbrida que junta as formas *time based* e *run based*. Após a análise das falhas através da TRIZ, conseguiu-se concluir que não era adequado utilizar apenas a manutenção preventiva na forma *time based* ou *run based*, através desta conclusão fez-se a junção das duas formas de manutenção preventiva para que a manutenção pudesse ser feita de uma forma mais eficiente (Annamalai et al., 2012).

6. Estudo de Casos

Segundo Robert Yin (2001), todas as estratégias de pesquisa têm as suas vantagens e desvantagens, dependendo na necessidade do estudo. Existem muitos estudos de casos que motivaram os estudos no terreno, ou seja, de teoria à aplicação.

O objetivo das análises dos casos estudados nesta dissertação é mostrar a utilidade da metodologia TRIZ na MA e motivar os leitores a explorarem TRIZ não só na MA mas também noutros campos.

Neste capítulo, serão apresentados alguns casos de estudo relacionados com a MA e a Manutenção Industrial. Será então aplicada a estes casos a metodologia TRIZ para encontrar soluções inovadoras, ajudando a melhorar a manutenção em estudo.

6.1. Estudo de Caso 1

O presente estudo de caso foi inspirado na dissertação “Plano de Ação para Implementação de Manutenção Autónoma em uma Indústria Gráfica” de Alexandre Nunes Lima (2009).

6.1.1. Descrição do Estudo de Caso 1

A empresa analisada na referida dissertação é uma empresa de indústria gráfica que tinha vindo a receber cada vez mais reclamações acerca dos seus produtos devido à não conformidade. Algumas reclamações provinham dos clientes importantes para a faturação da empresa.

Em 2008 foram enviados ao controlo de qualidade da empresa 20 relatórios de não conformidade emitidos pelos clientes, e foram recebidos mais 12 relatórios nos primeiros dois trimestres de 2009. Para adaptar às exigências competitivas a empresa teve de adotar medidas no sentido de melhorar a imagem da empresa e não causar mais prejuízo económico à mesma.

6.1.2. Objetivos do Estudo de Caso 1

O objetivo do estudo foi, através das informações obtidas, apresentar um plano de ação capaz de reduzir as ocorrências de não conformidade nos produtos da empresa.

Para isso, foi estudada a hipótese de implementar a MA no processo de produção da empresa.

6.1.3. Aplicação da Metodologia TRIZ na Manutenção Autónoma Aplicada no Estudo de Caso 1

Durante o estudo foram identificados alguns problemas na implementação da MA.

Na presente dissertação foi aplicada a metodologia TRIZ aos problemas apontados no caso em estudo, tentando dar uma solução inovadora ao problema.

A dificuldade encontrada foi a possível resistência dos operadores diante das práticas de normalização de métodos e procedimentos, ou seja, existia uma resistência à mudança. Ora, a participação ativa e pró-ativa dos operadores é crucial na MA. Com a implementação da Manutenção Autónoma, surgiu a resistência à mudança, logo criou-se um conflito. Este conflito pode-se resolver através da aplicação de umas das ferramentas da TRIZ. Para este caso adotaram-se os princípios de invenção e a matriz das contradições.

O objetivo era de melhorar as atividades de manutenção implementando a MA, logo o elemento a ser melhorado é o elemento 34 dos parâmetros de engenharia, a Manutenção. Este entra em conflito com a resistência dos operadores que não querem "sair da sua zona de conforto", ou seja, têm receio da complexidade da implementação, logo o elemento que é piorado é o elemento 36 dos parâmetros de engenharia, a Complexidade do Objeto.

Após a identificação dos parâmetros de engenharia em conflito, através da matriz de contradições (Anexo A), conseguiu-se identificar os princípios de invenção que podem resolver o conflito. Na Figura 6.1, pode-se observar que, no cruzamento dos parâmetros 34 e 36, obtêm-se os princípios de invenção 35, 1, 25, 13 e 11.

		Parâmetros de engenharia piorados						
		33	34	35	36	37	38	39
32	Manufaturabilidade	2, 5, 13, 16	35, 1, 25, 11, 9	2, 13, 15	27, 26, 1	6, 28, 11, 1	8, 28, 1	35, 1, 10, 28
33	Conveniência de uso		12, 26, 1, 32	15, 34, 1, 16	32, 26, 12, 17	-	1, 34, 12, 3	15, 1, 28
34	Manutenção	1, 12, 26, 15		7, 1, 4, 16	35, 1, 25, 13, 11	-	34, 35, 7, 13	1, 32, 10
35	Adaptabilidade	15, 34, 1, 16, 7	1, 16, 7, 4		15, 29, 13, 11	1	27, 34, 35	35, 28, 6, 37
36	Complexidade do dispositivo	27, 9, 26, 24	1, 13	29, 15, 28, 37		15, 10, 37, 28	15, 1, 24	12, 17, 28
37	Complexidade no controlo	2, 5	12, 26	1, 15	15, 29, 13, 11		34, 21	35, 18

Princípios de invenção que possam resolver o conflito

Figura 6.1 - Identificação dos princípios de invenção na matriz de contradições

Identificaram-se então os seguintes princípios de invenção:

- 35. Transformação do estado físico;
- 1. Segmentação;
- 25. Auto-serviço;
- 13. Inversão;
- 11. Amortecimento prévio.

Destes cinco princípios identificados, apenas três deles é que foram considerados com potencial para solucionar o problema.

Através do princípio 1 pode dizer-se que a implementação da manutenção autónoma é segmentada, o que pode levar a uma adaptação gradual ao novo modelo de manutenção.

Do princípio 25 pode-se sugerir a utilização da própria implementação da manutenção autónoma como objeto de ensino, ou seja, tornar a educação bastante teórico-prática para captar interesse dos operadores.

Por fim, com o princípio 11, sugere-se tentar aumentar a confiança dos operadores, dizendo previamente o que é eles podem ganhar com a implementação da manutenção autónoma, como por exemplo, maior independência sobre o controlo do equipamento, pois torna-se responsável por ele e sugere-se também a utilização de uma linguagem simples e de exemplos para um melhor entendimento dos processos.

6.1.4. Discussão de Resultados do Estudo de Caso 1

Como se pôde observar, com a utilização da TRIZ conseguiu-se 3 soluções ao problema, que podem ser aplicadas separadamente ou ao mesmo tempo. Algumas delas podem parecer triviais, mas o que se pretende demonstrar é a capacidade da geração de soluções da metodologia TRIZ.

6.2. Estudo de Caso 2

O presente estudo de caso foi inspirado na dissertação “Aplicação da Metodologia *Lean* no Serviço de Manutenção de uma Empresa Alimentar” de Nuno Jorge Pinto e Sousa (2013).

6.2.1. Descrição do Estudo de Caso 2

Na referida dissertação é analisada uma empresa da indústria alimentar. O objeto de estudo foi o serviço de manutenção da empresa, que na altura do estudo, precisava de melhorar a eficiência e organização. Foi então utilizada a metodologia *Lean*.

6.2.2. Objetivos do Estudo de Caso 2

O objetivo principal do estudo era apresentar soluções que diminuíssem ou eliminassem os desperdícios encontrados através da aplicação da metodologia *Lean*, tornando o serviço de manutenção mais eficaz e eficiente.

6.2.3. Aplicação da Metodologia TRIZ e da Manutenção Autónoma no Estudo de Caso 2

No estudo foram identificadas situações que não acrescentavam valor ao serviço de manutenção, estas situações encontram-se apresentadas na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 - Definição de valor no serviço de manutenção
(Sousa, 2013)

Definição de valor no serviço de manutenção	
Valor acrescentado	Valor não acrescentado
<input type="checkbox"/> Ordens de trabalho preventivas	<input type="checkbox"/> Deslocaamentos à secção do serviço de manutenção <input type="checkbox"/> Submissão de avarias e OT <input type="checkbox"/> Registo de <i>stocks</i> <input type="checkbox"/> Procura de ferramentas <input type="checkbox"/> Procura de componentes

As atividades de valor não acrescentado provocam perda de tempo aos técnicos de manutenção. Existe aqui mais um elemento a adicionar à perda de tempo dos técnicos, que é a intervenção nas atividades da manutenção do 1º e 2º nível (capítulo 3.4.), que são intervenções que podem ser delegadas aos operadores.

Para resolver estes problemas pode-se utilizar a metodologia TRIZ, sendo que neste caso, foi aplicada a SuField.

A primeira tarefa é a definição do sistema, logo a substância S1 representará a perda de tempo dos técnicos de manutenção e a substância S2 representará a qualidade da manutenção, sendo então obtido um sistema incompleto (Figura 6.2).

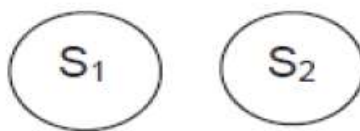


Figura 6.2 - Sistema incompleto

Como foi referido no capítulo 2.5.3., existem 76 Soluções-Padrão que podem ser condensadas e generalizadas em 7 Soluções Gerais, sendo que para este caso, é mais adequada a primeira solução geral, ou seja, deve ser introduzido um campo F que permita completar o sistema, tornando-o completo (Figura 6.3).

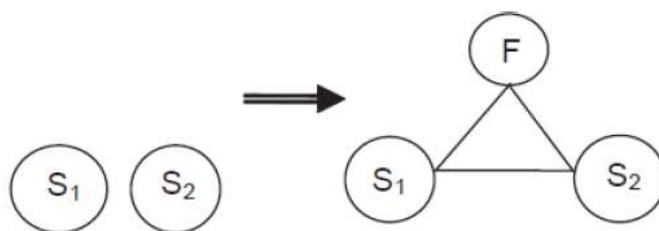


Figura 6.3 - Sistema completo

O campo F tem que ser um sistema que permita a ligação entre as substâncias S1 (perda de tempo dos técnicos de manutenção) e S2 (qualidade da Manutenção), pelo que um possível campo F pode ser a MA.

A MA vai permitir reduzir o tempo perdido dos técnicos de manutenção, pois reduzirá ordens de trabalho nomeadamente as intervenções de 1º e 2º nível de manutenção, ganhando assim tempo para realizar e planear outro tipo de atividades da manutenção.

6.2.4. Discussão de Resultados do Estudo de Caso 2

É revelada mais uma vez a capacidade da metodologia TRIZ na ajuda da deteção, análise e resolução de problemas num ambiente industrial. Através do modo como a TRIZ sistematiza os problemas, tornou os problemas mais facilmente solucionáveis. Neste caso, foram identificados os problemas e depois procedeu-se à utilização de uma das ferramentas TRIZ, a SuField. Com

esta ferramenta foram criadas duas substâncias, e aplicou-se uma das 7 Soluções Gerais das 76 Soluções-Padrão para resolver problema e criar uma solução inovadora, que foi a implementação da MA.

A MA cria uma maior motivação e envolvimento dos trabalhadores da empresa de vários níveis, neste caso, dos técnicos de manutenção e dos operadores.

6.3. Estudo de Caso 3

O presente estudo de caso foi inspirado na dissertação “Estudo de Melhoria do Planeamento e Controlo da Manutenção numa Empresa Metalomecânica” de Pedro Miguel Lopes Bravo (2013).

6.3.1. Descrição e Objetivos do Estudo de Caso 3

O presente estudo de caso é baseado num estudo feito numa empresa metalomecânica, em que a empresa quer ganhar maior competitividade no mercado lançando novos produtos. No entanto, não tem a saúde financeira que desejava para poder cumprir o objetivo.

6.3.2. Objetivos do Estudo de Caso 3

O objetivo do estudo foi estudar a forma de dar mais saúde financeira à empresa, aplicando um plano de manutenção mais eficaz, diminuindo as avarias dos equipamentos e desperdícios.

6.3.3. Aplicação da Metodologia TRIZ e da Manutenção Autónoma no Planeamento da Manutenção do Estudo de Caso 3

No estudo foram identificados alguns problemas relativamente ao plano de manutenção existente, ou melhor, à execução do plano de manutenção existente, nomeadamente na lubrificação, na manutenção preventiva e na manutenção corretiva.

O processo de lubrificação era feito pelo técnico de manutenção, sendo uma intervenção de 1º nível de manutenção (capítulo 3.4.), podendo ser executada pelo operador. Os planos de manutenção preventiva são feitos pelos responsáveis de cada secção, sendo que não têm formação para o efeito e existe uma aplicação pouco rigorosa do plano de manutenção preventiva traçado, o que leva ao aumento de número de avarias.

Para resolver dois dos três problemas apresentados será utilizado nesta análise um dos conceitos TRIZ, a Idealidade (capítulo 2.4.1.). A utilização deste conceito permite analisar a idealidade do sistema, ou seja, neste caso, do plano de manutenção.

A análise da idealidade começa pela identificação das funções a serem analisadas, sendo estas o processo de lubrificação, o planeamento feito por responsáveis técnicos não formados na área (manutenção preventiva) e a aplicação pouco rigorosa do plano de manutenção preventiva (manutenção preventiva).

Pode-se observar a análise da idealidade das funções anteriormente identificadas na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 - Análise da idealidade das funções

		Lubrificação	Manutenção Preventiva	
			Planeamento	Aplicação
Manutenção Preventiva	Lubrificação			
	Planeamento			
	Aplicação			

As relações neste caso são todas negativas. Os operadores não cumprem com rigor o plano de manutenção preventiva, sendo que a culpa também recai sobre o responsável da secção, pela falta de rigor no controlo.

Para resolver os problemas, poderá ser implementada a manutenção autónoma, em que exista controlo do pessoal de nível superior, estes devem planear juntamente com os operadores e responsáveis de secção a manutenção autónoma a ser executada. A manutenção autónoma deve ser executada em simultâneo com a manutenção preventiva, por exemplo, partilha de responsabilidade dos processos ou procedimentos mais simples com os operadores ou responsáveis da secção. Com a implementação da manutenção autónoma, os operadores e responsáveis de secção terão mais responsabilidade, mas também estarão mais controlados pelo pessoal de nível superior, pois exige trabalho em equipa, podendo sentir-se mais motivados e mais responsáveis.

Acredita-se que com a implementação da manutenção autónoma pode-se aumentar a idealidade de forma que os campos negativos apresentados na Tabela 6.2 tornem positivos com se pode observar na Tabela 6.3.

Tabela 6.3 - Idealidade das funções após análise

		Lubrificação	Manutenção Preventiva	
			Planeamento	Aplicação
Lubrificação			+	+
Manutenção Preventiva	Planeamento	+		+
	Aplicação	+	+	

6.3.4. Discussão de Resultados do Estudo de Caso 3

Após a análise deste estudo de caso pode concluir-se que o conceito de Idealidade é um conceito com bastante utilidade, pois sistematiza e compara as funções com uma linguagem simples. Com esta linguagem pode-se perceber quais as funções prejudiciais, quais as benéficas. Neste caso, no início nenhuma das funções estavam a ser benéficas, logo se a empresa não reagir, o número de avarias aumentará, podendo prejudicar gravemente a produção, qualidade do produto e por sua vez, a imagem da própria empresa.

A MA revelou-se mais uma vez uma ferramenta de eleição para melhoria da manutenção, em que no presente caso foi sugerido trabalhar em conjunto com a manutenção preventiva, para tornar a manutenção mais eficaz e eficiente. Os operadores devem ser valorizados, e uma possível razão é a motivação, sendo que a empresa deve tentar encontrar soluções para manter os operadores motivados, e a manutenção autónoma pode tornar os operadores motivados e também aumentar a qualidade da manutenção.

7. Conclusões

A inovação sistemática é considerada atualmente de grande importância para as empresas expostas a ambientes cada vez mais dinâmicos e exigentes.

A metodologia TRIZ surge como uma ferramenta de eleição no que diz respeito à inovação. Sendo uma metodologia de inovação sistemática, a TRIZ ajuda a identificar, a sistematizar e a resolver problemas de forma mais criativa e inovadora.

Existem outras ferramentas de apoio à análise e à discussão de problemas em busca da sua solução, tal como *brainstorming* entre outras. Enquanto a TRIZ identifica e formula os problemas, concentrando os esforços e recursos na sua resolução, evitando a dispersão.

O procedimento geral da metodologia TRIZ contém vários passos: no início são identificados os problemas específicos, a seguir os problemas específicos são traduzidos para problemas genéricos, na fase seguinte são geradas soluções genéricas para cada problema, e por fim, as soluções genéricas são adaptadas aos problemas específicos em causa, resultando em soluções inovadoras. Através desta metodologia por vezes obtêm-se várias soluções válidas para o mesmo problema.

Com a metodologia TRIZ é possível beneficiar as várias áreas funcionais de uma empresa industrial, nomeadamente as atividades relacionadas com a gestão da manutenção.

A manutenção autónoma é uma das abordagens relativamente recentes que foram desenvolvidas com o objetivo de aumentar a eficiência e a eficácia da manutenção. Esta técnica coloca maior exigência no que diz respeito à disciplina por parte dos operadores dos equipamentos, a quem fica atribuída alguma responsabilidade relativa à manutenção dos equipamentos operados por eles. Desta forma, os técnicos de manutenção ficam libertos de operações elementares de manutenção, como por exemplo, a lubrificação, e ganham mais tempo para efetuar atividades de manutenção preventiva, preditiva e de melhoria. A implementação da manutenção autónoma requer o envolvimento de diferentes áreas funcionais das empresas, tendo efeitos positivos não só na redução de custos, na redução de paragens e falhas em equipamentos, na utilização mais racional de recursos, como também a nível motivacional e de disciplina organizacional.

O trabalho desenvolvido nesta dissertação centrou-se na utilização conjunta da metodologia TRIZ e da manutenção autónoma com o objetivo de trazer a inovação sistemática à problemática da manutenção.

Nos casos de estudo analisados foram utilizados vários conceitos e ferramentas da metodologia TRIZ, nomeadamente a contradição, a idealidade, os princípios de invenção e a matriz de contradições e a análise substância-campo.

Foi confirmada a utilidade e foram demonstradas as áreas possíveis de aplicação conjunta dos conceitos e instrumentos analíticos da TRIZ e da manutenção autónoma, na identificação, na análise e na resolução de problemas de manutenção.

No entanto, foram detetadas algumas dificuldades na aplicação da metodologia TRIZ, nomeadamente na formulação de problemas a partir de contradições e também na transformação de soluções genéricas para soluções específicas, que exigem alguma prática na utilização da metodologia e também um bom conhecimento da situação real.

Em termos de trabalhos futuros, destacam-se as aplicações possíveis nas atividades da manutenção industrial em geral e da manutenção autónoma em particular, de outras ferramentas analíticas e conceitos da TRIZ, que não foram utilizados neste estudo. O estudo de fiabilidade de sistemas reparáveis e não reparáveis poderia também beneficiar com a aplicação da metodologia TRIZ.

Bibliografia

- Al-Shayea, A. M. (2007). Maintenance Definition. *King Saud University*.
- Altshuller, G. (1999). *Tools of Classical TRIZ*. Ideation International Incorporated.
- Altshuller, G. (2002). *40 Principles - TRIZ Keys to Technical Innovation*. Technical Innovation Center.
- Anderson, R. T., & Neri, L. (1990). *Reliability-Centered Maintenance: Management and Engineering Methods*. Cambridge: Elsevier Applied Science.
- Annamalai, N., & Yew, L. T. (2012). Systematic Innovation in Enabling Hybrid Based Preventive Maintenance. *Future TRIZ Conference*, (pp. 509-514). Lisboa, Portugal.
- Boris, S. (2006). *Total Productive Maintenance*. McGraw-Hill.
- Bravo, P. M. (2013). *Estudo de Melhoria do Planeamento e Controlo da Manutenção numa Empresa Metalomecânica*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica.
- Didelet, F., & Viegas, J. C. (2003). *Escola Superior de Tecnologia de Setúbal*. Obtido de Escola Superior de Tecnologia de Setúbal: http://ltodi.est.ips.pt/jviegas/_private/folhas_manutencao.pdf
- Farinas, A. (2011). Total Preventative and Autonomous Maintenance. *Lean: Real-World Solutions to Build Peak Value for Health Care Facilities!* Chelan.
- Farinha, J. M. (2011). A Actividade de Manutenção. Em J. M. Farinha, *Manutenção - A Terologia e as Novas Ferramentas de Gestão* (pp. 5-12). Lisboa: Monitor.
- Fernandes, J. N. (2013). *Aplicação da Metodologia TRIZ em Empresas Industriais*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica.
- Ferreira, L. A., Sobral, J., & Farinha, J. T. (3º e 4º Trimestres de 2013). LCC - Custo do Ciclo de Vida, sua relevância para a Gestão de Ativos Físicos. *Manutenção*, pp. 44-48.
- Fey, V. (2004). Why Does TRIZ Fly But Not Soar. *Future TRIZ Conference*. Florença, Itália.
- Goldberg, D. E. (4 de Dezembro de 2004). The TRIZ Method. *University of Illinois*.
- Gomes, P. C., Leite, J. C., Medeiros, A. B., & Maciel, P. H. (2011). Manutenção Autônoma Aplicada na Melhoria dos Processos Industriais: Um Estudo de Caso em uma Empresa do Pólo Industrial de Manus - PIM. *VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão*. Rio de Janeiro.
- Hsia, T.-C., Huang, S.-C., & Chen, H.-T. (2011). Enhancing the Writing Quality of Aircraft Maintenance Technical Orders and Establishing a Management Mechanism for Maintenance Technicians using the Six Sigma Process. Em D. E. Malach, *Advances in Mechanical Engineering Research. Volume 3* (pp. 271-286). Nova Press.
- Ideation. (s.d.). *Introduction to Basic I-TRIZ*. Obtido de Ideation: http://www.ideationtriz.com/source/2_Ideality.htm
- InnoSkills. (2009). *InnoSkills - Competências de Inovação para PMEs*. Obtido de InnoSupport: http://www.innosupport.net/uploads/media/4.9._TRIZ_01.pdf
- Jones, M. (junho/julho de 2011). Operator Maintenance or Autonomous Maintenance. *uptime*, pp. 22-23.
- Lima, A. N. (2009). *Plano de Acção para Implementação de Manutenção Autónoma em uma Indústria Gráfica*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Trabalho de Formatura para obtenção do Diploma de Engenheiro de Produção.

- Locks, M. O. (1995). *Reliability, Maintainability and Availability Assessment* (second ed.). Milwaukee: ASQC.
- Machado, V. C., & Navas, H. (2010). Usage of TRIZ Methodology in a Lean Management Environment. *10th ETRIA World TRIZ Future Conference 2010*. Bergamo, Itália.
- Mann, D., Cooney, J., & Winkless, B. (26 de October de 2003). *TRIZ and Machine Maintenance Case Study – Part 2 – Managing Constraints and Perceptions*. Obtido em Junho de 2014, de The TRIZ Journal: <http://www.triz-journal.com/triz-machine-maintenance-case-study-part-2-managing-constraints-perceptions/>
- McKone, K. E., & Weiss, E. N. (1998). TPM: Planned and Autonomous Maintenance: Bridging the Gap Between Practice and Research. Em *Production and Operations Management* (pp. 335-351).
- Mikler, J., Frangoudis, C., & Lindberg, B. (2011). On a Systematic Approach to Development of Maintenance Plans for Production Equipment. *Journal of Machine Engineering*.
- Molina, J. (2013). *Metodologia TRIZ Aplicada ao Desenvolvimento do Conforto Acústico em Aeronaves Comerciais*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica.
- Navas, H. (2013a). TRIZ - Uma metodologia para resolução de problemas. *Guia de Empresas Certificadas*, pp. 28-32.
- Navas, H. (2013b). TRIZ: Desing Problem with Systematic Innovation. Em D. A. Coelho, *Advances in Industrial Design Engineering*. InTech.
- Navas, H. (2014). Radical and Systematic Eco-innovation with TRIZ Methodology. Em S. G. Azevedo, M. Brandenburg, H. Carvalho, & V. C. Machado, *Eco-Innovation and the Development of Business Models* (pp. 81-95). Springer.
- Navas, H., & Machado, V. C. (2011). Resolução Criativa de Problemas com a Metodologia TRIZ num Ambiente Lean. *10º Congresso Ibero-americano de Engenharia Mecânica (CIBEM10)*. Porto, Portugal.
- Navas, H., & Machado, V. C. (2013). Systematic Innovation for Lean Supply Chain Management. *22nd International Conference on Production Research*. Cataratas do Iguaçu.
- Navas, H., & Machado, V. C. (2013). Systematic Innovation in a Lean Management Environment. *2013 Industrial and Systems Engineering Research Conference*. Porto Rico.
- NP EN 13306:2007. (2007).
- Pimentel, A. R. (2004). Considerações sobre TRIZ e a sua Aplicação no Desenvolvimento de Software. *Revista Científica das Faculdades Eseei*.
- Savransky, S. D. (2000). TRIZ Overview. Em S. D. Savransky, *Engineering of Creativity - Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving* (pp. 21-29). CRC Press.
- Sire, P., Haeffelé, G., & Dubois, S. (2012). TRIZ as tool to develop a TRIZ educational method by learning it. *TRIZ Future Conference 2012*, (pp. 19-30). Lisboa, Portugal.
- Souris, J.-P. (1992). *Manutenção Industrial: Custo ou Benefício?* Lisboa: Lidel-Edições Técnicas, Lda.
- Sousa, N. P. (2013). *Aplicação da Metodologia Lean no Serviço de Manutenção de uma Empresa Alimentar*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica.
- Yin, R. (2001). Introduction. Em R. Yin, *Case Study Research: Design and Methods* (pp. 20-28).

Anexo A – Matriz de Contradições (adaptado de Alshuller, 2002)

			Pâmetros de engenharia piorados								Princípios inventivos	
			1	2	3	4	5	6	7	8	1	
Pâmetros de engenharia a ser melhorados	1	Peso (objeto móvel)	-	-	15, 8, 29, 34	-	29, 17, 38, 34	-	29, 2, 40, 28	-	1	Segmentação
	2	Peso (objeto imóvel)	-	-	-	10, 1, 29, 35	-	35, 30, 13, 2	-	5, 35, 14, 2	2	Extração
	3	Comprimento (objeto móvel)	15, 8, 29, 34	-	-	-	15, 17, 4	-	7, 17, 4, 35	-	3	Qualidade local
	4	Comprimento (objeto imóvel)	-	35, 28, 40, 29	-	-	-	17, 7, 10, 40	-	35, 8, 2, 14	4	Assimetria
	5	Área (objeto móvel)	2, 17, 29, 4	-	14, 15, 18, 4	-	-	-	7, 14, 17, 4	-	5	Combinação
	6	Área (objeto imóvel)	-	30, 2, 14, 18	-	26, 7, 9, 39	-	-	-	-	6	Universidade
	7	Volume (objeto móvel)	2, 26, 29, 40	-	1, 7, 35, 4	-	1, 7, 4, 17	-	-	-	7	Nidificação
	8	Volume (objeto imóvel)	-	35, 10, 19, 14	19, 14	35, 8, 2, 14	-	-	-	-	8	Contrapeso
	9	Velocidade	2, 28, 13, 38	-	13, 14, 8	-	29, 30, 34	-	7, 29, 34	-	9	Contra-acção prévia
	10	Força	8, 1, 37, 18	18, 13, 1, 28	17, 19, 9, 36	28, 1	19, 10, 15	1, 18, 36, 37	15, 9, 12, 37	2, 36, 18, 37	10	Ação prévia
	11	Tensão, Pressão	10, 36, 37, 40	13, 29, 10, 18	35, 10, 36	35, 1, 14, 16	10, 15, 36, 28	10, 15, 36, 37	6, 35, 10	35, 34	11	Amortecimento prévio
	12	Forma	8, 10, 29, 40	15, 10, 26, 3	29, 34, 5, 4	13, 14, 10, 7	5, 34, 4, 10	-	14, 4, 15, 22	7, 2, 35	12	Equipotencialidade
	13	Estabilidade do objeto	21, 35, 2, 39	26, 39, 1, 40	13, 15, 1, 28	37	2, 11, 13	39	28, 10, 19, 39	34, 28, 35, 40	13	Inversão
	14	Resistência	1, 8, 40, 15	40, 26, 27, 1	1, 15, 8, 35	15, 14, 28, 26	3, 34, 40, 29	9, 40, 28	10, 15, 14, 7	9, 14, 17, 15	14	Esfericidade
	15	Durabilidade (objeto móvel)	19, 5, 34, 31	-	2, 19, 9	-	3, 17, 19	-	10, 2, 19, 30	-	15	Dinamismo
	16	Durabilidade (objeto imóvel)	-	6, 27, 19, 16	-	1, 40, 35	-	-	-	35, 34, 38	16	Ação parcial ou excessiva
	17	Temperatura	36, 22, 6, 38	22, 35, 32	15, 19, 9	15, 19, 9	3, 35, 39, 18	35, 38	34, 39, 40, 18	35, 6, 4	17	Transição para uma nova dimensão
	18	Clareza	19, 1, 32	2, 35, 32	19, 32, 16	-	19, 32, 26	-	2, 13, 10	-	18	Vibrações mecânicas
	19	Energia dispensada (objeto móvel)	12, 18, 28, 31	-	12, 28	-	15, 19, 25	-	35, 13, 18	-	19	Ação periódica
	20	Energia dispensada (objeto imóvel)	-	19, 9, 6, 27	-	-	-	-	-	-	20	Continuidade de uma ação útil
	21	Potência	8, 36, 38, 31	19, 26, 17, 27	1, 10, 35, 37	-	19, 38	17, 32, 13, 38	35, 6, 38	30, 6, 25	21	Corrida apressada
	22	Perda de energia	15, 6, 19, 28	19, 6, 18, 9	7, 2, 6, 13	6, 38, 7	15, 26, 17, 30	17, 7, 30, 18	7, 18, 23	7	22	Conversão de prejuízo em proveito
	23	Perda de massa	35, 6, 23, 40	35, 6, 22, 32	14, 29, 10, 39	10, 28, 24	35, 2, 10, 31	10, 18, 39, 31	1, 29, 30, 36	3, 39, 18, 31	23	Reação
	24	Perda de informação	10, 24, 35	10, 35, 5	1, 26	26	30, 26	30, 16	-	2, 22	24	Medição
	25	Perda de tempo	10, 20, 37, 35	10, 20, 26, 5	15, 2, 29	30, 24, 14, 5	26, 4, 5, 16	10, 35, 17, 4	2, 5, 34, 10	35, 16, 32, 18	25	Auto-serviço
	26	Quantidade de matéria	35, 6, 18, 31	27, 26, 18, 35	29, 14, 35, 18	-	15, 14, 29	2, 18, 40, 4	15, 20, 29	-	26	Cópia
	27	Fiabilidade	3, 8, 10, 40	3, 10, 8, 28	15, 9, 14, 4	15, 29, 28, 11	17, 10, 14, 16	32, 35, 40, 4	3, 10, 14, 24	2, 35, 24	27	Objeto económico com vida curta (descartável)
	28	Precisão de medição	32, 35, 26, 28	28, 35, 25, 26	28, 26, 5, 16	32, 28, 3, 16	26, 28, 32, 3	26, 28, 32, 3	32, 13, 6	-	28	Substituição do sistema mecânico
	29	Precisão de fabrico	28, 32, 13, 18	28, 35, 27, 9	10, 28, 29, 37	2, 32, 10	28, 33, 29, 32	2, 29, 18, 36	32, 28, 2, 35	25, 10, 35	29	Utilização de sistemas pneumáticos ou hidráulicos
	30	Fatores prejudiciais que atuam sobre o objeto	22, 21, 27, 39	2, 22, 13, 24	17, 1, 39, 4	1, 18	22, 1, 33, 28	27, 2, 39, 35	22, 23, 37, 35	34, 39, 19, 27	30	Membranas flexíveis ou películas finas
	31	Efeitos colaterais prejudiciais	19, 22, 15, 39	35, 22, 1, 39	17, 15, 16, 22	-	17, 2, 18, 39	22, 1, 40	17, 2, 40	30, 18, 35, 4	31	Utilização de materiais porosos
	32	Manufaturabilidade	28, 29, 15, 16	1, 27, 36, 13	1, 29, 13, 17	15, 17, 27	13, 1, 26, 12	16, 4	13, 29, 1, 40	35	32	Mudança de cor
	33	Conveniência de uso	25, 2, 13, 15	6, 13, 1, 25	1, 17, 13, 12	-	1, 17, 13, 16	18, 16, 15, 39	1, 16, 35, 15	4, 18, 31, 39	33	Homogeneidade
	34	Manutenção	2, 27, 35, 11	2, 27, 35, 11	1, 28, 10, 25	3, 18, 31	15, 32, 13	16, 25	25, 2, 35, 11	1	34	Rejeição e recuperação de componentes
	35	Adaptabilidade	1, 6, 15, 8	19, 15, 29, 16	35, 1, 29, 2	1, 35, 16	35, 30, 29, 7	15, 16	15, 35, 29	-	35	Transformação do estado físico ou químico
	36	Complexidade do dispositivo	26, 30, 34, 36	2, 26, 35, 39	1, 19, 26, 24	26	14, 1, 13, 16	6, 36	34, 26, 6	1, 16	36	Mudança de fase
	37	Complexidade no controlo	27, 26, 28, 13	6, 13, 28, 1	16, 17, 26, 24	26	2, 13, 18, 17	2, 39, 30, 16	29, 1, 4, 16	2, 18, 26, 31	37	Expansão térmica
	38	Nível de automação	28, 26, 18, 35	28, 26, 35, 10	14, 13, 28, 17	23	17, 14, 13	-	35, 13, 16	-	38	Utilização de oxidantes fortes
	39	Produtividade	35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 3	18, 4, 28, 38	30, 7, 14, 26	10, 26, 34, 31	10, 35, 17, 7	2, 6, 34, 10	35, 37, 10, 2	39	Ambiente inerte
											40	Materiais compósitos

		Párametros de engenharia piorados								Princípios inventivos	
		9	10	11	12	13	14	15	16	1	
Páramtros de engenharia a ser melhorados	1	Peso (objeto móvel)	2, 8, 15, 38	8, 10, 18, 37	10, 36, 37, 40	10, 14, 35, 40	1, 35, 19, 39	28, 27, 18, 40	5, 34, 31, 35	-	Segmentação
	2	Peso (objeto imóvel)	-	8, 10, 19, 35	13, 29, 10, 18	13, 10, 29, 14	26, 39, 1, 40	18, 2, 10, 27	-	2, 27, 19, 6	Extração
	3	Comprimento (objeto móvel)	13, 4, 8	17, 10, 4	1, 8, 35	1, 8, 10, 29	1, 8, 15, 34	8, 35, 29, 34	19	-	Qualidade local
	4	Comprimento (objeto imóvel)	-	28, 1	1, 14, 35	13, 14, 15, 7	39, 37, 35	15, 14, 28, 26	-	1, 40, 35	Assimetria
	5	Área (objeto móvel)	29, 30, 4, 34	19, 30, 35, 2	10, 15, 36, 28	5, 34, 29, 4	11, 2, 13, 39	3, 15, 40, 14	6, 3	-	Combinação
	6	Área (objeto imóvel)	-	1, 18, 35, 36	10, 15, 36, 37	-	2, 38	40	-	2, 10, 19, 30	Universidade
	7	Volume (objeto móvel)	29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37	6, 35, 36, 37	1, 15, 29, 4	28, 10, 1, 39	9, 14, 15, 7	6, 35, 4	-	Nidificação
	8	Volume (objeto imóvel)	-	2, 18, 37	24, 35	7, 2, 35	34, 28, 35, 40	9, 14, 17, 15	-	35, 34, 38	Contrapeso
	9	Velocidade	13, 28, 15, 19	13, 28, 15, 19	6, 18, 38, 40	35, 15, 28, 34	28, 33, 1, 18	8, 3, 26, 14	3, 19, 35, 5	-	Contra-acção prévia
	10	Força	13, 28, 15, 12	18, 21, 11	10, 35, 40, 34	35, 10, 21	35, 10, 14, 27	19, 2	-	-	Ação prévia
	11	Tensão, Pressão	6, 35, 36	36, 35, 21	35, 4, 15, 10	35, 33, 2, 40	9, 18, 3, 40	19, 3, 27	-	-	Amortecimento prévio
	12	Forma	35, 15, 34, 18	35, 10, 37, 40	34, 15, 10, 14	31, 1, 18, 4	30, 14, 10, 40	14, 26, 9, 25	-	-	Equipotencialidade
	13	Estabilidade do objeto	33, 15, 28, 18	10, 35, 21, 16	2, 35, 40	22, 1, 18, 4	17, 9, 15	13, 27, 10, 35	39, 3, 35, 23	-	Inversão
	14	Resistência	8, 13, 26, 14	10, 18, 3, 14	10, 3, 18, 40	10, 30, 35, 40	13, 17, 35	27, 3, 26	-	-	Esfericidade
	15	Durabilidade (objeto móvel)	3, 35, 5	19, 2, 16	19, 3, 27	14, 26, 28, 25	13, 3, 35	27, 3, 10	-	-	Dinamismo
	16	Durabilidade (objeto imóvel)	-	-	-	-	39, 3, 35, 23	-	-	-	Ação parcial ou excessiva
	17	Temperatura	2, 28, 36, 30	35, 10, 3, 21	35, 39, 19, 2	14, 22, 19, 32	1, 35, 32	10, 30, 22, 40	19, 13, 39	19, 18, 36, 40	Transição para uma nova dimensão
	18	Claridade	10, 13, 19	26, 19, 6	-	32, 30	32, 3, 20, 27	35, 19	2, 19, 6	-	Vibrações mecânicas
	19	Energia dispensada (objeto móvel)	8, 15, 35	16, 26, 21	23, 14, 25	12, 2, 29	19, 13, 17, 24	5, 19, 9, 35	28, 35, 6, 18	-	Ação periódica
	20	Energia dispensada (objeto imóvel)	-	36, 37	-	-	27, 4, 29, 18	35	-	-	Continuidade de uma ação útil
	21	Potência	15, 35, 2	26, 2, 36, 35	22, 10, 35	29, 14, 2, 40	35, 32, 15, 31	26, 10, 28	19, 35, 10, 38	16	Corrida apressada
	22	Perda de energia	16, 35, 38	36, 38	-	-	14, 2, 39, 6	26	-	-	Conversão de prejuízo em proveito
	23	Perda de massa	10, 13, 28, 38	14, 15, 18, 40	3, 36, 37, 10	29, 35, 3, 5	2, 14, 30, 40	35, 28, 31, 40	28, 27, 3, 18	27, 16, 10, 38	Reação
	24	Perda de informação	26, 32	-	-	-	-	-	10	10	Medição
	25	Perda de tempo	-	10, 37, 36, 5	37, 36, 4	4, 10, 34, 17	35, 3, 22, 5	29, 3, 28, 18	20, 10, 28, 18	28, 20, 10, 16	Auto-serviço
	26	Quantidade de matéria	35, 29, 34, 26	35, 14, 3	10, 36, 14, 3	35, 14	15, 2, 17, 40	14, 35, 34, 10	3, 35, 10, 40	3, 35, 31	Cópia
	27	Fiabilidade	21, 35, 11, 28	8, 28, 10, 3	10, 24, 35, 19	35, 1, 16, 11	-	11, 28	2, 35, 3, 25	34, 27, 6, 40	Objeto económico com vida curta (descartável)
	28	Precisão de medição	28, 13, 32, 24	32, 2	6, 28, 32	6, 28, 32	32, 35, 13	28, 6, 32	28, 6, 32	10, 26, 24	Substituição do sistema mecânico
	29	Precisão de fabrico	10, 28, 32	28, 19, 34, 36	3, 35	32, 30, 40	30, 18	3, 27	3, 27, 40	-	Utilização de sistemas pneumáticos ou hidráulicos
	30	Fatores prejudiciais que atuam sobre o objeto	21, 22, 35, 28	13, 35, 39, 18	22, 2, 37	22, 1, 3, 35	35, 24, 30, 18	18, 35, 37, 1	22, 15, 33, 28	17, 1, 40, 33	Membranas flexíveis ou películas finas
	31	Efeitos colaterais prejudiciais	35, 28, 3, 23	35, 28, 1, 40	2, 33, 27, 18	35, 1	35, 40, 27, 39	15, 35, 22, 2	15, 22, 33, 31	21, 39, 16, 22	Utilização de materiais porosos
	32	Manufaturabilidade	35, 13, 8, 1	35, 12	35, 19, 1, 37	1, 28, 13, 27	11, 13, 1	1, 3, 10, 32	27, 1, 4	35, 16	Mudança de cor
	33	Conveniência de uso	18, 13, 34	28, 13, 35	2, 32, 12	15, 34, 29, 28	32, 35, 30	32, 40, 3, 28	29, 3, 8, 25	1, 16, 25	Homogeneidade
	34	Manutenção	34, 9	1, 11, 10	13	1, 13, 2, 4	2, 35	1, 11, 2, 9	11, 29, 28, 27	1	Rejeição e recuperação de componentes
	35	Adaptabilidade	35, 10, 14	15, 17, 20	35, 16	15, 37, 1, 8	35, 30, 14	35, 3, 32, 6	13, 1, 35	2, 16	Transformação do estado físico ou químico
	36	Complexidade do dispositivo	34, 10, 28	26, 16	19, 1, 35	29, 13, 28, 15	2, 22, 17, 19	2, 13, 28	10, 4, 28, 15	-	Mudança de fase
	37	Complexidade no controlo	3, 4, 16, 35	36, 28, 40, 19	35, 36, 37, 32	27, 13, 1, 39	11, 22, 39, 30	27, 3, 15, 28	19, 29, 25, 39	25, 34, 6, 35	Expansão térmica
	38	Nível de automação	28, 10	2, 35	13, 35	15, 32, 1, 13	18, 1	25, 13	6, 9	-	Utilização de oxidantes fortes
	39	Produtividade	-	28, 15, 10, 36	10, 37, 14	14, 10, 34, 40	35, 3, 22, 39	29, 28, 10, 18	35, 10, 2, 18	22, 10, 16, 38	Ambiente inerte
											Materiais compósitos

			Pârametros de engenharia piorados								Princípios inventivos	
			17	18	19	20	21	22	23	24	1	Segmentação
Pâramtros de engenharia a ser melhorados	1	Peso (objeto móvel)	6, 29, 4, 38	19, 1, 32	35, 12, 34, 31	-	12, 36, 18, 31	6, 2, 34, 19	5, 35, 3, 31	10, 24, 35	2	Extração
	2	Peso (objeto imóvel)	28, 19, 32, 22	35, 19, 32	-	18, 19, 28, 1	15, 19, 18, 22	18, 19, 28, 15	5, 8, 13, 30	10, 15, 35	3	Qualidade local
	3	Comprimento (objeto móvel)	10, 15, 19	32	8, 35, 24	-	1, 35	7, 2, 35, 39	4, 29, 23, 10	1, 24	4	Assimetria
	4	Comprimento (objeto imóvel)	3, 35, 38, 18	3, 25	-	-	12, 8	6, 28	10, 28, 24, 35	24, 26	5	Combinação
	5	Área (objeto móvel)	2, 15, 16	15, 32, 19, 13	19, 32	-	19, 10, 32, 18	15, 17, 30, 26	10, 35, 2, 39	30, 26	6	Universidade
	6	Área (objeto imóvel)	35, 39, 38	-	-	-	17, 32	17, 7, 30	10, 14, 18, 39	30, 16	7	Nidificação
	7	Volume (objeto móvel)	34, 39, 10, 18	10, 13, 2	35	-	35, 6, 3, 18	7, 15, 13, 16	36, 39, 34, 10	2, 22	8	Contrapeso
	8	Volume (objeto imóvel)	35, 6, 4	-	-	-	30, 6	-	10, 39, 35, 34	-	9	Contra-acção prévia
	9	Velocidade	28, 30, 36, 2	10, 13, 19	8, 15, 35, 38	-	19, 35, 38, 2	14, 20, 19, 35	10, 13, 28, 38	13, 26	10	Ação prévia
	10	Força	35, 10, 21	-	19, 17, 10	1, 16, 36, 37	19, 35, 18, 37	14, 15	8, 35, 40, 5	-	11	Amortecimento prévio
	11	Tensão, Pressão	35, 39, 19, 2	-	14, 24, 10, 37	-	10, 35, 14	2, 36, 25	10, 36, 37	-	12	Equipotencialidade
	12	Forma	22, 14, 19, 32	13, 15, 32	2, 6, 34, 14	-	4, 6, 2	14	35, 29, 3, 5	-	13	Inversão
	13	Estabilidade do objeto	35, 1, 32, 3	32, 3, 27, 15	13, 19	27, 4, 29, 18	32, 35, 27, 31	14, 2, 39, 6	2, 14, 30, 40	-	14	Esfericidade
	14	Resistência	30, 10, 40	35, 19	19, 35, 10	35	10, 26, 35, 28	35	35, 28, 31, 40	-	15	Dinamismo
	15	Durabilidade (objeto móvel)	19, 35, 39	2, 19, 4	28, 6, 35, 18	-	19, 10, 35, 38	-	28, 27, 3, 18	10	16	Ação parcial ou excessiva
	16	Durabilidade (objeto imóvel)	19, 18, 36, 40	-	-	-	16	-	27, 16, 18, 38	10	17	Transição para uma nova dimensão
	17	Temperatura		32, 30, 21, 16	19, 15, 3, 17	-	2, 14, 17, 25	21, 17, 35, 38	21, 36, 29, 31	-	18	Vibrações mecânicas
	18	Clareza	32, 35, 19		32, 1, 19	32, 35, 1, 15	32	19, 16, 1, 6	13, 1	1, 6	19	Ação periódica
	19	Energia dispensada (objeto móvel)	19, 24, 3, 13	2, 15, 19		-	6, 19, 37, 18	12, 22, 15, 24	35, 24, 18, 5	-	20	Continuidade de uma ação útil
	20	Energia dispensada (objeto imóvel)	-	19, 2, 35, 32	-		-	-	28, 27, 18, 31	-	21	Corrida apressada
	21	Potência	2, 14, 17, 25	16, 6, 19	16, 6, 19, 37	-		10, 35, 38	28, 27, 18, 38	10, 19	22	Conversão de prejuízo em proveito
	22	Perda de energia	19, 38, 7	1, 13, 32, 15	-	-	3, 38		35, 27, 2, 37	19, 10	23	Reação
	23	Perda de massa	21, 36, 39, 31	1, 6, 13	35, 18, 24, 5	28, 27, 12, 31	28, 27, 18, 38	35, 27, 2, 31		-	24	Medição
	24	Perda de informação	-	19	-	-	10, 19	19, 10	-		25	Auto-serviço
	25	Perda de tempo	35, 29, 21, 18	1, 19, 21, 17	35, 38, 19, 18	1	35, 20, 10, 6	10, 5, 18, 32	35, 18, 10, 39	24, 26, 28, 34	26	Cópia
	26	Quantidade de matéria	3, 17, 39	-	34, 29, 16, 18	3, 35, 31	35	7, 18, 25	6, 3, 10, 24	24, 28, 35	27	Objeto económico com vida curta (descartável)
	27	Fiabilidade	3, 35, 10	11, 32, 13	21, 11, 27, 19	36, 23	21, 11, 26, 31	10, 11, 35	10, 35, 29, 39	10, 28	28	Substituição do sistema mecânico
	28	Precisão de medição	6, 19, 28, 24	6, 1, 32	3, 6, 32	-	3, 6, 32	26, 32, 27	10, 16, 31, 28	-	29	Utilização de sistemas pneumáticos ou hidráulicos
	29	Precisão de fabrico	19, 26	3, 32	32, 2	-	32, 2	13, 32, 2	35, 31, 10, 24	-	30	Membranas flexíveis ou películas finas
	30	Fatores prejudiciais que atuam sobre o objeto	22, 33, 35, 2	1, 19, 32, 13	1, 24, 6, 27	10, 2, 22, 37	19, 22, 31, 2	21, 22, 33, 2	33, 22, 19, 40	22, 10, 2	31	Utilização de materiais porosos
	31	Efeitos colaterais prejudiciais	22, 35, 2, 24	19, 24, 39, 32	2, 35, 6	19, 22, 18	2, 35, 18	21, 35, 22, 2	10, 1, 34	10, 21, 29	32	Mudança de cor
	32	Manufaturabilidade	27, 26, 18	28, 24, 27, 1	28, 26, 27, 1	1, 4	27, 1, 12, 24	19, 35	15, 34, 33	32, 24, 18, 16	33	Homogeneidade
	33	Conveniência de uso	26, 27, 13	13, 17, 1, 24	1, 13, 24	-	35, 34, 2, 10	2, 19, 13	28, 32, 2, 24	4, 10, 27, 22	34	Rejeição e recuperação de componentes
	34	Manutenção	4, 10	15, 1, 13	15, 1, 28, 16	-	15, 10, 32, 2	15, 1, 32, 19	2, 35, 34, 27	-	35	Transformação do estado físico ou químico
	35	Adaptabilidade	27, 2, 3, 35	6, 22, 26, 1	19, 35, 29, 13	-	19, 1, 29	18, 15, 1	15, 10, 2, 13	-	36	Mudança de fase
	36	Complexidade do dispositivo	2, 17, 13	24, 17, 13	27, 2, 29, 28	-	20, 19, 30, 34	10, 35, 13, 2	35, 10, 28, 29	-	37	Expansão térmica
	37	Complexidade no controlo	3, 27, 35, 16	2, 24, 26	35, 38	19, 35, 16	19, 1, 16, 10	35, 3, 15, 19	1, 18, 10, 24	35, 33, 27, 22	38	Utilização de oxidantes fortes
	38	Nível de automação	26, 2, 19	8, 32, 19	2, 32, 13	-	28, 2, 27	23, 28	35, 10, 18, 5	35, 33	39	Ambiente inerte
	39	Produtividade	35, 21, 28, 10	26, 17, 19, 1	35, 10, 38, 19	1	35, 20, 10	28, 10, 29, 35	28, 10, 35, 23	13, 15, 23	40	Materiais compósitos

			Pârametros de engenharia piorados								Princípios inventivos	
			25	26	27	28	29	30	31	32	1	Segmentação
Pâramtros de engenharia a ser melhorados	1	Peso (objeto móvel)	10, 35, 20, 28	3, 26, 18, 31	3, 11, 1, 27	28, 27, 35, 26	28, 35, 26, 18	22, 21, 18, 27	22, 35, 31, 39	27, 28, 1, 36	2	Extração
	2	Peso (objeto imóvel)	10, 20, 35, 26	19, 6, 18, 26	10, 28, 8, 3	18, 26, 28	10, 1, 35, 17	2, 19, 22, 37	35, 22, 1, 39	28, 1, 9	3	Qualidade local
	3	Comprimento (objeto móvel)	15, 2, 29	29, 35	10, 14, 29, 40	28, 32, 4	10, 28, 29, 37	1, 15, 17, 24	17, 15	1, 29, 17	4	Assimetria
	4	Comprimento (objeto imóvel)	30, 29, 14	-	15, 29, 28	32, 28, 3	2, 32, 10	1, 18	-	15, 17, 27	5	Combinação
	5	Área (objeto móvel)	26, 4	29, 30, 6, 13	29, 9	26, 28, 32, 3	2, 32	22, 33, 28, 1	17, 2, 18, 39	13, 1, 26, 24	6	Universidade
	6	Área (objeto imóvel)	10, 35, 4, 18	2, 18, 40, 4	32, 35, 40, 4	26, 28, 32, 3	2, 29, 18, 36	27, 2, 39, 35	22, 1, 40	40, 16	7	Nidificação
	7	Volume (objeto móvel)	2, 6, 34, 10	29, 30, 7	14, 1, 40, 11	25, 26, 28	25, 28, 2, 16	22, 21, 27, 35	17, 2, 40, 1	29, 1, 40	8	Contrapeso
	8	Volume (objeto imóvel)	35, 16, 32, 18	35, 3	2, 35, 16	-	35, 10, 25	34, 39, 19, 27	30, 18, 35, 4	35	9	Contra-acção prévia
	9	Velocidade	-	10, 19, 29, 38	11, 35, 27, 28	28, 32, 1, 24	10, 28, 32, 25	1, 28, 35, 23	2, 24, 32, 21	35, 13, 8, 1	10	Ação prévia
	10	Força	10, 37, 36	14, 29, 18, 36	3, 35, 13, 21	35, 10, 23, 24	28, 29, 37, 36	1, 35, 40, 18	13, 3, 36, 24	15, 37, 18, 1	11	Amortecimento prévio
	11	Tensão, Pressão	37, 36, 4	10, 14, 36	10, 13, 19, 35	6, 28, 25	3, 35	22, 2, 37	2, 33, 27, 18	1, 35, 16	12	Equipotencialidade
	12	Forma	14, 10, 34, 17	36, 22	10, 40, 16	28, 32, 1	32, 30, 40	22, 1, 2, 35	35, 1	1, 32, 17, 28	13	Inversão
	13	Estabilidade do objeto	35, 27	15, 32, 35	-	13	18	35, 23, 18, 30	35, 40, 27, 39	35, 19	14	Esfericidade
	14	Resistência	29, 3, 28, 10	29, 10, 27	11, 3	3, 27, 16	3, 27	18, 35, 37, 1	15, 35, 22, 2	11, 3, 10, 32	15	Dinamismo
	15	Durabilidade (objeto móvel)	20, 10, 28, 18	3, 35, 10, 40	11, 2, 13	3	3, 27, 16, 40	22, 15, 33, 28	21, 39, 16, 22	27, 1, 4	16	Ação parcial ou excessiva
	16	Durabilidade (objeto imóvel)	28, 20, 10, 16	3, 35, 31	34, 27, 6, 40	10, 26, 24	-	17, 1, 40, 33	22	35, 10	17	Transição para uma nova dimensão
	17	Temperatura	35, 28, 21, 18	3, 17, 30, 39	19, 35, 3, 10	32, 19, 24	24	22, 33, 35, 2	22, 35, 2, 24	26, 27	18	Vibrações mecânicas
	18	Clareza	19, 1, 26, 17	1, 19	-	11, 15, 32	3, 32	15, 19	35, 19, 32, 39	19, 35, 28, 26	19	Ação periódica
	19	Energia dispensada (objeto móvel)	35, 38, 19, 18	34, 23, 16, 18	19, 21, 11, 27	3, 1, 32	-	1, 35, 6, 27	2, 35, 6	28, 26, 30	20	Continuidade de uma ação útil
	20	Energia dispensada (objeto imóvel)	-	3, 35, 31	10, 36, 23	-	-	10, 2, 22, 37	19, 22, 18	1, 4	21	Corrida apressada
	21	Potência	35, 20, 10, 6	4, 34, 19	19, 24, 26, 31	32, 15, 2	32, 2	19, 22, 31, 2	2, 35, 18	26, 10, 34	22	Conversão de prejuízo em proveito
	22	Perda de energia	10, 18, 32, 7	7, 18, 25	11, 10, 35	32	-	21, 22, 35, 2	21, 35, 2, 22	-	23	Reação
	23	Perda de massa	15, 18, 35, 10	6, 3, 10, 24	10, 29, 39, 35	16, 34, 31, 28	35, 10, 24, 31	33, 22, 30, 10	10, 1, 34, 29	15, 34, 33	24	Medição
	24	Perda de informação	24, 26, 28, 32	24, 28, 35	10, 28, 23	-	-	22, 10, 1	10, 21, 22	32	25	Auto-serviço
	25	Perda de tempo		35, 38, 18, 16	10, 30, 4	24, 34, 28, 32	24, 26, 28, 18	35, 18, 34	35, 22, 18, 39	35, 28, 34, 4	26	Cópia
	26	Quantidade de matéria	35, 38, 18, 16		18, 2, 28, 40	3, 2, 28	33, 30	35, 33, 29, 31	3, 35, 40, 39	29, 1, 35, 27	27	Objeto económico com vida curta (descartável)
	27	Fiabilidade	10, 30, 4	21, 28, 40, 3		32, 3, 11, 23	11, 32, 1	27, 35, 2, 40	35, 2, 40, 26	-	28	Substituição do sistema mecânico
	28	Precisão de medição	24, 34, 28, 32	2, 6, 32	5, 11, 1, 23		-	28, 24, 22, 26	3, 33, 39, 10	6, 35, 25, 18	29	Utilização de sistemas pneumáticos ou hidráulicos
	29	Precisão de fabrico	32, 26, 28, 18	32, 30	11, 32, 1	-		26, 28, 10, 36	4, 17, 34, 26	-	30	Membranas flexíveis ou películas finas
	30	Fatores prejudiciais que atuam sobre o objeto	35, 18, 34	35, 33, 29, 31	27, 24, 2, 40	28, 33, 23, 26	26, 28, 10, 18		-	24, 35, 2	31	Utilização de materiais porosos
	31	Efeitos colaterais prejudiciais	1, 22	3, 24, 39, 1	24, 2, 40, 39	3, 33, 26	4, 17, 34, 26	-		-	32	Mudança de cor
	32	Manufaturabilidade	35, 28, 34, 4	35, 23, 1, 24	-	1, 35, 12, 18	-	24, 2	-		33	Homogeneidade
	33	Conveniência de uso	4, 28, 10, 34	12, 35	17, 27, 8, 40	25, 13, 2, 34	1, 32, 35, 23	2, 25, 28, 39	-	2, 5, 12	34	Rejeição e recuperação de componentes
	34	Manutenção	32, 1, 10, 25	2, 28, 10, 25	11, 10, 1, 16	10, 2, 13	25, 10	35, 10, 2, 16	-	1, 35, 11, 10	35	Transformação do estado físico ou químico
	35	Adaptabilidade	35, 28	3, 35, 15	35, 13, 8, 24	35, 5, 1, 10	-	35, 11, 32, 31	-	1, 13, 31	36	Mudança de fase
	36	Complexidade do dispositivo	6, 29	13, 3, 27, 10	13, 35, 1	2, 26, 10, 34	26, 24, 32	22, 19, 29, 40	19, 1	27, 26, 1, 13	37	Expansão térmica
	37	Complexidade no controlo	18, 28, 32, 9	3, 27, 29, 18	27, 40, 28, 8	26, 24, 32, 28	-	22, 19, 29, 28	2, 21	5, 28, 11, 29	38	Utilização de oxidantes fortes
	38	Nível de automação	24, 28, 35, 30	35, 13	11, 27, 32	28, 26, 10, 34	28, 26, 18, 23	2, 33	2	1, 26, 13	39	Ambiente inerte
	39	Produtividade	-	35, 38	1, 35, 10, 38	1, 10, 34, 28	32, 1	18, 10, 13, 24	22, 35, 18, 39	35, 22, 2, 24	40	Materiais compósitos

			Pâmetros de engenharia piorados							Princípios inventivos	
			33	34	35	36	37	38	39	1	Segmentação
Pâmetros de engenharia a ser melhorados	1	Peso (objeto móvel)	35, 3, 2, 24	2, 27, 28, 11	29, 5, 15, 8	26, 30, 36, 34	28, 29, 26, 32	26, 35, 18, 19	35, 3, 24, 37	2	Extração
	2	Peso (objeto imóvel)	6, 13, 1, 32	2, 27, 28, 11	19, 15, 29	1, 10, 26, 39	25, 28, 17, 15	2, 26, 35	1, 28, 15, 35	3	Qualidade local
	3	Comprimento (objeto móvel)	15, 29, 35, 4, 7	1, 28, 10	14, 15, 1, 16	1, 19, 26, 24	35, 1, 26, 24	17, 24, 26, 16	14, 4, 28, 29	4	Assimetria
	4	Comprimento (objeto imóvel)	2, 25	3	1, 35	1, 26	26	-	30, 14, 7, 26	5	Combinação
	5	Área (objeto móvel)	15, 17, 13, 16	15, 13, 10, 1	15, 30	14, 1, 13	2, 36, 26, 18	14, 10, 28, 23	10, 26, 24, 32	6	Universidade
	6	Área (objeto imóvel)	16, 4	16	15, 16	1, 18, 36	2, 35, 30, 18	23	10, 15, 17, 7	7	Nidificação
	7	Volume (objeto móvel)	15, 13, 30, 12	10	15, 29	26, 1	29, 26, 4	35, 34, 16, 24	10, 6, 2, 34	8	Contrapeso
	8	Volume (objeto imóvel)	-	1	-	1, 31	2, 17, 26	-	35, 37, 10, 2	9	Contra-acção prévia
	9	Velocidade	32, 28, 13, 10	34, 2, 28, 27	15, 10, 26	10, 28, 4, 34	3, 34, 27, 16	10, 18	-	10	Ação prévia
	10	Força	1, 28, 3, 25	15, 1, 11	15, 17, 18, 20	26, 35, 10, 18	36, 37, 10, 19	2, 35	3, 28, 35, 37	11	Amortecimento prévio
	11	Tensão, Pressão	11	2	35	19, 1, 35	2, 36, 37	35, 24	10, 14, 35, 37	12	Equipotencialidade
	12	Forma	32, 15, 26	2, 13, 1	1, 15, 29	16, 29, 1, 28	15, 13, 39	15, 1, 32	17, 26, 34, 10	13	Inversão
	13	Estabilidade do objeto	32, 35, 30	2, 35, 10, 16	35, 30, 34, 2	2, 35, 22, 26	35, 22, 39, 23	1, 8, 35	23, 35, 40, 3	14	Esfericidade
	14	Resistência	32, 40, 28, 2	27, 11, 3	15, 3, 32	2, 13, 25, 28	23, 3, 15, 40	15	29, 35, 10, 14	15	Dinamismo
	15	Durabilidade (objeto móvel)	2, 27	29, 10, 27	1, 35, 13	10, 4, 29, 15	11, 29, 39, 35	6, 10	35, 17, 14, 19	16	Ação parcial ou excessiva
	16	Durabilidade (objeto imóvel)	1	1	2	-	25, 34, 6, 35	1	20, 10, 16, 38	17	Transição para uma nova dimensão
	17	Temperatura	26, 27	4, 10, 16	8, 18, 27	2, 17, 16	3, 27, 35, 31	26, 2, 19, 16	15, 28, 35	18	Vibrações mecânicas
	18	Clareza	28, 26, 19	15, 17, 13, 16	15, 1, 19	6, 32, 13	32, 15	2, 26, 10	2, 25, 16	19	Ação periódica
	19	Energia dispensada (objeto móvel)	19, 35	1, 15, 17, 28	15, 17, 13, 16	2, 29, 27, 28	35, 38	32, 2	12, 28, 35	20	Continuidade de uma ação útil
	20	Energia dispensada (objeto imóvel)	-	-	-	-	19, 35, 16, 25	-	1, 6	21	Corrida apressada
	21	Potência	26, 35, 10	35, 2, 10, 34	19, 17, 34	20, 19, 30, 34	19, 35, 16	28, 2, 17	28, 35, 34	22	Conversão de prejuízo em proveito
	22	Perda de energia	35, 32, 1	2, 19	-	7, 23	35, 3, 15, 23	2	28, 10, 29, 35	23	Reação
	23	Perda de massa	32, 28, 2, 24	2, 35, 34, 27	15, 10, 2	35, 10, 28, 24	35, 18, 10, 13	35, 10, 18	28, 35, 10, 23	24	Medição
	24	Perda de informação	27, 22	-	-	-	35, 33	33	13, 23, 15	25	Auto-serviço
	25	Perda de tempo	4, 28, 10, 34	32, 1, 10	35, 28	6, 29	18, 28, 32, 10	24, 28, 35, 30	-	26	Cópia
	26	Quantidade de matéria	35, 29, 25, 10	2, 32, 10, 25	15, 3, 29	3, 13, 27, 10	3, 27, 29, 18	8, 35	13, 29, 3, 27	27	Objeto económico com vida curta (descartável)
	27	Fiabilidade	27, 17, 40	1, 11	13, 35, 8, 24	13, 35, 1	27, 40, 28	11, 13, 27	1, 35, 29, 38	28	Substituição do sistema mecânico
	28	Precisão de medição	1, 13, 17, 34	1, 32, 13, 11	13, 35, 2	27, 35, 10, 34	26, 24, 32, 28	28, 2, 10, 34	10, 34, 28, 32	29	Utilização de sistemas pneumáticos ou hidráulicos
	29	Precisão de fabrico	1, 32, 35, 23	25, 10	-	26, 2, 18	-	26, 28, 18, 23	10, 18, 32, 39	30	Membranas flexíveis ou películas finas
	30	Fatores prejudiciais que atuam sobre o objeto	2, 25, 28, 39	35, 10, 2	35, 11, 22, 31	22, 19, 29, 10	22, 19, 29, 40	33, 3, 34	22, 35, 13, 24	31	Utilização de materiais porosos
	31	Efeitos colaterais prejudiciais	-	-	-	19, 1, 31	2, 21, 27, 1	2	22, 35, 18, 39	32	Mudança de cor
	32	Manufaturabilidade	2, 5, 13, 16	35, 1, 25, 11, 9	2, 13, 15	27, 26, 1	6, 28, 11, 1	8, 28, 1	35, 1, 10, 28	33	Homogeneidade
	33	Conveniência de uso		12, 26, 1, 32	15, 34, 1, 16	32, 26, 12, 17	-	1, 34, 12, 3	15, 1, 28	34	Rejeição e recuperação de componentes
	34	Manutenção	1, 12, 26, 15		7, 1, 4, 16	35, 1, 25, 13, 11	-	34, 35, 7, 13	1, 32, 10	35	Transformação do estado físico ou químico
	35	Adaptabilidade	15, 34, 1, 16, 7	1, 16, 7, 4		15, 29, 35, 28	1	27, 34, 35	35, 28, 6, 37	36	Mudança de fase
	36	Complexidade do dispositivo	27, 9, 26, 24	1, 13	29, 15, 28, 37		15, 10, 37, 28	15, 1, 24	12, 17, 28	37	Expansão térmica
	37	Complexidade no controlo	2, 5	12, 26	1, 15	15, 10, 37, 28		34, 21	35, 18	38	Utilização de oxidantes fortes
	38	Nível de automação	1, 12, 34, 3	1, 35, 13	27, 4, 1, 35	15, 24, 10	34, 27, 25		5, 12, 35, 26	39	Ambiente inerte
	39	Produtividade	1, 28, 7, 19	1, 32, 10, 25	1, 35, 28, 37	12, 17, 28, 24	35, 18, 27, 2	5, 12, 35, 26		40	Materiais compósitos

Anexo B – Definições dos Parâmetros Técnicos e dos Princípios de Invenção (adaptado de Fernandes, 2013)

Parâmetros Técnicos

1. Peso (objeto móvel)

Massa do objeto em movimento num campo gravitacional.

2. Peso (objeto imóvel)

Massa do objeto imóvel num campo gravitacional.

3. Comprimento (objeto móvel)

Dimensão linear do objeto.

4. Comprimento (objeto imóvel)

Dimensão linear do objeto.

5. Área (objeto móvel)

Característica geométrica para descrever uma quantidade de espaço bidimensional, interna ou externa do objeto em movimento.

6. Área (objeto imóvel)

Característica geométrica para descrever uma quantidade de espaço bidimensional, interna ou externa do objeto imóvel.

7. Volume (objeto móvel)

Quantidade de espaço tridimensional ocupado por um objeto.

8. Volume (objeto imóvel)

Quantidade de espaço tridimensional ocupado por um objeto.

9. Velocidade

Distância percorrida por um objeto num determinado intervalo de tempo ou uma taxa em relação a um processo ou ação.

10. Força

Medida de interação que tenha como intenção modificar a condição de um objeto.

11. Tensão ou pressão
Força exercida por unidade de área.
12. Forma
Contorno externo de um componente ou sistema.
13. Estabilidade do objeto
Integridade do sistema, e o relacionamento dos seus elementos incluindo também nesta categoria a decomposição química, o desgaste, a dissociação e o aumento de entropia.
14. Resistência
Capacidade de um objeto se opor à aplicação de uma força.
15. Durabilidade (objeto móvel)
Intervalo de tempo em que o objeto pode executar uma ação, vida útil ou durabilidade.
16. Durabilidade (objeto imóvel)
Intervalo de tempo em que o objeto pode executar uma ação, vida útil ou durabilidade.
17. Temperatura
Condição térmica de um objeto ou sistema.
18. Claridade
Fluxo de luz por unidade de área, incluindo também características óticas como a cor, brilho, qualidade da luz, etc.
19. Energia dispensada (objeto móvel)
Medida da capacidade de um objeto efetuar uma ação.
20. Energia dispensada (objeto imóvel)
Medida da capacidade de um objeto efetuar uma ação.
21. Potência
Taxa na qual a ação é executada ou taxa de uso da energia.
22. Perda de energia
Ineficiência, energia gasta que não contribui para a execução da tarefa.
23. Perda de massa
Perda de massa de componentes do sistema, total ou parcial, permanente ou temporário

24. Perda de informação

Perda de dados ou acesso a eles, de ou para um sistema, que pode ser parcial ou total, permanente ou temporário. Nessa informação podem estar incluídos dados visuais, auditivos, táteis, olfativos ou gustativos.

25. Perda de tempo

Ineficiência do uso do tempo disponível.

26. Quantidade de matéria

Número ou quantidade de materiais, substâncias, peças ou subsistemas que podem ser alterados.

27. Fiabilidade

Capacidade de um sistema ou componente cumprir as tarefas pretendidas em determinadas condições.

28. Precisão de medição

Proximidade entre o valor medido e o valor real.

29. Precisão de fabrico

Proximidade entre as características reais de um sistema ou objeto e as características especificadas ou requeridas.

30. Fatores prejudiciais que atuam sobre o objeto

Suscetibilidade de um sistema aos efeitos prejudiciais externos.

31. Efeitos colaterais prejudiciais

Redução da eficiência ou da qualidade devido ao objeto como parte integrante da operação.

32. Manufaturabilidade

Facilidade de fabricação, manufatura, montagem e inspeção.

33. Conveniência do dispositivo

Simplicidade do processo.

34. Manutenção

Conveniência, conforto, simplicidade e tempo para reparar falhas ou defeitos de um sistema.

35. Adaptabilidade

Capacidade de um sistema responder positivamente a alterações externas, inclusive o seu uso em múltiplas formas e sob diferentes condições.

36. Complexidade do dispositivo

Número e diversidade de elementos e relacionamento entre si dentro do sistema.

37. Complexidade no controlo

O controlo de sistemas é complexo, custoso, requer muito tempo e mão-de-obra.

38. Nível de automação

Capacidade de um sistema ou objeto executar tarefas sem a intervenção humana.

39. Produtividade

Número de funções ou operações realizadas por um sistema por unidade de tempo. Tempo por unidade de função ou operação. Saída por unidade de tempo ou custo por unidade de saída.

Princípios de Invenção

1. Segmentação

- a) Dividir um objeto em partes independentes;
- b) Fazer um objeto em secções;
- c) Aumentar o grau de segmentação de um objeto.

2. Extração

- a) Extrair (remover ou separar) uma parte "perturbadora" ou propriedade de um objeto, ou;
- b) Extrair apenas a parte necessária ou propriedade.

3. Qualidade local

- a) Transição de uma estrutura homogénea de um objeto ou ambiente exterior/ação para uma estrutura heterogénea;
- b) Ter diferentes partes do objeto a realizar diferentes funções;
- c) Colocar cada parte do objeto sob condições mais favoráveis para a sua operação.

4. Assimetria

- a) Substituir uma forma simétrica com uma que é assimétrica;
- b) Se um objeto já é assimétrico, aumentar o grau de assimetria.

5. Combinação

- a) Consolidar ou combinar em espaços objetos homogéneos ou objetos projetados para operação contínua;
- b) Consolidar ou combinar no tempo operações homogéneas ou continuas;

6. Universalização

Ter o objeto a executar várias funções, eliminando assim a necessidade de qualquer outro objeto ou objetos.

7. Nidificação

- a) Conter o objeto dentro de outro que, por sua vez, é colocado dentro de um terceiro objeto;
- b) Passar um objeto através de uma cavidade de um outro objeto.

8. Contrapeso

- a) Compensar o peso do objeto, unindo-o com outro objeto que tem uma força de elevação;
- b) Compensar o peso de um objeto por interação com um ambiente proporcionando forças aerodinâmicas ou hidrodinâmicas.

9. Contra-ação prévia

- a) Realizar uma neutralização com antecedência;
- b) Se o objeto está (ou estará) sob tensão, fornecer anti tensão antecipadamente.

10. Ação prévia

- a) Realizar toda ou parte da ação requerida com antecedência;
- b) Organizar os objetos para que eles possam entrar em ação numa questão pontual e de uma posição conveniente.

11. Amortecimento prévio

Compensar a fiabilidade relativamente baixa de um objeto por contra medidas tomadas com antecedência.

12. Equipotencialidade

Alterar as condições de trabalho de modo a que um objeto não precise de ser levantado ou baixado.

13. Inversão

- a) Em vez de uma ação ditada pelas especificações do problema, implementar uma ação oposta;
- b) Fazer uma parte do objeto móvel ou do ambiente externo imóvel e da parte não móvel, móvel;
- c) Virar o objeto de cabeça para baixo.

14. Esfericidade

- a) Substituir peças lineares ou superfícies planas por curvas; substituir as formas cúbicas por formas esféricas;
- b) Usar rolos, bolas, ou espirais;
- c) Substituir um movimento linear por um movimento de rotação; utilizar uma força centrífuga.

15. Dinamismo

- a) Fazer um objeto ou seu ambiente ajustar-se automaticamente para um ótimo desempenho em cada fase da operação;
- b) Dividir um objeto em elementos que podem mudar de posição em relação de um ao outro;
- c) Se um objeto é imóvel, torná-lo móvel ou permutável.

16. Ação parcial ou excessiva

Se é difícil a obtenção de 100% de um efeito desejado, alcançar um pouco mais ou menos do que este, a fim de simplificar o problema.

17. Transição para nova dimensão

- a) Remover os problemas com a movimentação de um objeto numa linha através da incorporação de duas dimensões no movimento (ou seja, ao longo de um plano);
- b) Usar um conjunto de multicamadas de objetos em vez de uma única camada;
- c) Inclinar o objeto ou virá-lo de lado.

18. Vibrações mecânicas

- a) Pôr um objeto em oscilação;
- b) Se existe oscilação, aumentar a sua frequência, mesmo tão longe quanto os ultra-sons;
- c) Utilizar a frequência de ressonância do objeto;
- d) Em vez de vibrações mecânicas, utilizar piezovibradores;
- e) Usar vibrações ultra-sônicas, em conjunto com um campo eletromagnético.

19. Ação periódica

- a) Substituir uma ação contínua por uma (pulsada) periódica;
- b) Se uma ação já é periódica, alterar a frequência;
- c) Usar pulsos entre impulsos para fornecer ações adicionais.

20. Continuidade de uma ação útil

- a) Executar uma ação contínua (isto é, sem pausas), onde todas as partes de um objeto operam em plena capacidade;
- b) Remover movimentos ociosos e intermediários.

21. Corrida apressada

Executar operações nocivas ou perigosas a uma velocidade muito elevada.

22. Conversão do prejuízo em proveito

- a) Utilizam fatores prejudiciais ou efeitos ambientais para se obter um efeito positivo;
- b) Remover um fator prejudicial, combinando-a com um outro fator prejudicial;
- c) Aumentar a quantidade de ação prejudicial até que deixe de ser prejudicial.

23. Reação

- a) Introdução da retroação;
- b) Se a retroação já existe, invertê-la.

24. Mediação

- a) Usar um objeto intermediário para transferir ou executar uma ação;
- b) Conectar temporariamente um objeto num outro que seja fácil de remover.

25. Auto-serviço

- a) Fazer o objeto servir-se a ele mesmo e a realizar operações complementares e reparação;
- b) Fazer uso de material desperdiçado e de energia.

26. Cópia

- a) Usar uma cópia simples e barata, em vez de um objeto que é complexo, caro, frágil ou inconveniente para operar;
- b) Substituir um objeto pela sua cópia ótica ou imagem. Uma escala pode ser usada para reduzir ou aumentar a imagem;
- c) Se são utilizadas cópias óticas, substituí-las por cópias infravermelhas ou ultravioletas.

27. Objeto económico com vida curta (descartável)

Substituir um objeto caro por uma coleção mais barata, renunciando propriedades (por exemplo, a longevidade).

28. Substituição de sistema mecânico

- a) Substituir um sistema mecânico por um dispositivo ótico, acústico ou sistema olfativo (odor);
- b) Utilizar um campo elétrico, magnético ou eletromagnético para a interação com o objeto;
- c) Substituir os campos:
 - i. Campos estacionárias por campos que se deslocam;
 - ii. Campos fixos por aqueles que mudam com o tempo;
 - iii. Campos aleatórios por campos estruturados;
- d) Usar um campo em conjugação com partículas ferromagnéticas.

29. Utilização de sistemas pneumáticos ou hidráulicos

Substituir peças sólidas de um objeto por gás ou líquido. Estas peças podem usar ar ou água para a insuflação, ou usar almofadas de ar ou hidrostáticas.

30. Membranas flexíveis ou películas finas

- a) Substituir construções tradicionais pelos feitos de "conchas" flexíveis ou filmes finos;
- b) Isolar um objeto do seu ambiente usando "conchas" flexíveis ou filmes finos.

31. Uso de materiais porosos

- a) Fazer um objeto poroso ou adicionar elementos porosos (inserções, capas, etc.);
- b) Se um objeto já é poroso, preencher os poros com antecedência com alguma substância.

32. Mudança de cor

- a) Mudar a cor de um objeto ou os seus arredores;
- b) Alterar o grau de translucidez de um objeto ou de um processo que é difícil de ver;
- c) O uso de aditivos coloridos para observar um objeto ou um processo que é difícil de ver;
- d) Se tais aditivos já são utilizados, usar vestígios luminescentes ou elementos traçadores.

33. Homogeneidade

Fazer os objetos interagir com um objeto primário do mesmo material, que é próximo dele no comportamento.

34. Rejeição e recuperação de componentes

- a) Depois de ter concluído a sua função ou de se ter tornado inútil, rejeitar ou modificar (por exemplo, descartar, dissolver, evaporar) um elemento de um objeto;
- b) Restaurar imediatamente qualquer parte de um objeto que está esgotado ou exaurido.

35. Transformação do estado físico ou químico

Mudar o estado de agregação de um objeto, distribuição da densidade, do grau de flexibilidade, ou temperatura.

36. Mudança de fase

Implementar um efeito desenvolvido durante a fase de transição de uma substância, por exemplo, a libertação ou a absorção de calor que acompanha uma mudança no volume.

37. Expansão térmica

- a) Usar um material que se expande ou se contraia com o calor;
- b) Usar vários materiais com diferentes coeficientes de expansão térmica.

38. Utilização de oxidantes fortes

- a) Substituir o ar normal com ar enriquecido;
- b) Substituir o ar enriquecido com oxigénio;
- c) Tratar um objeto em ar ou em oxigénio com radiação ionizante;
- d) Usar o oxigénio ionizado.

39. Ambiente inerte

- a) Substituir o ambiente normal por um inerte;
- b) Realizar o processo em vácuo.

40. Materiais compósitos

Substituir um material homogéneo por um compósito.

Anexo C – 76 Soluções-Padrão (Molina, 2013)

Classe 1. Construir e destruir modelos Substância-Campo	
1.1 Construção de modelos Substância-Campo	
1.1.1 Construção de um modelo Substância-Campo	Se um determinado objeto não é recetivo (ou pouco recetivo) para mudanças necessárias, e a descrição do problema não inclui quaisquer restrições para a introdução de substâncias ou campos, o problema pode ser resolvido através do preenchimento do modelo Substância-Campo para introduzir os elementos em falta.
1.1.2 Modelo interno Substância-Campo complexo	Se um determinado objeto não é recetivo (ou pouco recetivo) para as mudanças necessárias, e a descrição do problema não inclui quaisquer restrições à introdução de substâncias e de campos, o problema pode ser resolvido pela transição permanente ou temporária para o modelo interno complexo Substância-Campo, ou seja, introduzindo aditivos em S1 ou S2 para aumentar a controlabilidade, ou conferir as propriedades pretendidas para o modelo de Substância-Campo.
1.1.3 Modelo complexo externo Substância-Campo	Se um determinado objeto não é recetivo (ou pouco recetivo) para as mudanças necessárias, e a descrição do problema inclui restrições à introdução de aditivos em substâncias existentes S1 e S2, o problema pode ser resolvido pela transição permanente ou temporária para o modelo externo Substância-Campo complexo, anexando S1 ou S2 à substância um externo S3, com a finalidade de aumentar a controlabilidade ou transmitir propriedades requeridas para o modelo de Substância-Campo.
1.1.4 Modelo substância-campo externo com o meio ambiente	Se um determinado modelo Substância-Campo não é recetivo (ou pouco recetivo) para as mudanças necessárias, e a descrição do problema inclui restrições à introdução de aditivos, tanto nele como anexando substâncias a ele, o problema pode ser resolvido com a construção de um modelo Substância-Campo, utilizando o ambiente como um aditivo.
1.1.5 Modelo substância-campo com o ambiente e aditivos	Se o ambiente não contém as substâncias necessárias para criar um modelo de Substância-Campo de acordo com a solução padrão 1.1.4, estas substâncias podem-se obter mediante a substituição do meio ambiente, a sua decomposição, ou a introdução de aditivos nele.
1.1.6 Modo mínimo	Se o modo mínimo (isto é, medido, ótimo) de ação é necessário e é difícil ou impossível de fornecê-lo, aplica-se o modo máximo, e em seguida, é recomendado eliminar o excedente. O campo excedente pode ser eliminado por uma substância e a substância excedente pode ser eliminada por um campo.

1.1.7 Modo máximo	Se o modo máximo de uma ação de uma substância é necessário e é proibido por várias razões, a ação máxima deve ser mantida, mas dirigida sobre uma outra substância ligada ao primeiro.
1.1.8 Modo selectivo máximo	Se um modo seletivo máximo é necessário (isto é, o modo máxima em zonas selecionadas e modo mínimo em outras zonas), o campo deve ser: -máximo: neste caso, uma substância protetora deve ser introduzido em todos os lugares onde a influência mínima é necessária. -mínimo: neste caso, uma substância capaz de gerar um campo local deveria ser introduzida em todos os lugares onde a influência máxima é necessária.
1.2 Destruir modelos Substância-Campo	
1.2.1 Eliminando a interação prejudicial ao introduzir S3	Se existirem ações tanto úteis como prejudiciais entre duas substâncias no modelo de Substância-Campo, não é necessário que estas substâncias sejam estreitamente adjacentes uma à outra, o problema pode ser resolvido mediante a introdução de uma terceira substância entre estas duas substâncias, que não tem custo (ou aproximadamente).
1.2.2 Eliminando a interação prejudicial através da introdução de S1modificado e/ou S2	Se existirem ações tanto úteis como prejudiciais entre duas substâncias no modelo de Substância-Campo, estas substâncias não têm de ser imediatamente adjacentes uma à outra, no entanto, a descrição do problema inclui restrições sobre a introdução de substâncias estranhas, o problema pode ser resolvido introduzindo, entre estas duas substâncias, uma terceira substância, que é uma modificação das substâncias existentes.
1.2.3 "Retirar" uma ação prejudicial	Se for necessário para eliminar a ação prejudicial de um campo de uma substância, o problema pode ser resolvido mediante a introdução de uma segunda substância que "retira" a ação prejudicial.
1.2.4 Neutralizar uma ação prejudicial com F2	Se existirem ações tanto úteis como prejudiciais entre duas substâncias no modelo de Substância-Campo e estas substâncias, ao contrário das soluções padrão 1.2.1 e 1.2.2, devem ser imediatamente adjacentes uma à outra, o problema pode ser resolvido através da criação de um modelo duplo de Substância-Campo, em que a ação útil é executada pelo campo F1 e o segundo campo F2, neutraliza a ação prejudicial ou transforma a ação prejudicial numa ação útil.

Classe 2. Melhorando os modelos Substância-Campo	
2.1 Transição para modelos Substância-Campo complexos	
2.1.1 Modelo de cadeia de Substância-Campo	<p>Se é necessário para melhorar um modelo de Substância-Campo, o problema pode ser resolvido mediante a transformação de um elemento do modelo em uma forma independente-controlada do modelo Substância-Campo completo e criar um modelo de cadeia.</p> <p>S3 ou S4, por sua vez podem ser transformados em um modelo de Substância-Campo completo.</p>
2.1.2 Modelo Substância-Campo duplo	<p>Se é necessário para melhorar um modelo Substância-Campo de difícil controlo e a substituição de elementos é proibida, o problema pode ser resolvido através da construção de um modelo duplo através da aplicação de um segundo campo facilmente controlado.</p>
2.2 Impondo modelos Substância-Campo	
2.2.1 Aplicação de campos mais controláveis	<p>Um modelo de Substância-Campo pode ser reforçado através da substituição de um campo incontrolável ou de difícil controlo por um que é facilmente controlado.</p>
2.2.2 Fragmentação de S2	<p>Um modelo de Substância-Campo pode ser melhorada através do aumento do grau de fragmentação da substância utilizada como uma ferramenta.</p>
2.2.3 Aplicação de substâncias capilares e porosas	<p>Um caso especial de fragmentação da substância é a transição de uma substância sólida para uma capilar ou porosa. Esta transição prossegue de acordo com a seguinte linha:</p> <ul style="list-style-type: none"> - substância sólida - substância sólida com uma cavidade - substância sólida com várias cavidades - substância capilar ou porosa - substância capilar ou porosa com poros de estrutura e dimensões especiais <p>À medida que a substância desenvolve de acordo com esta linha, a possibilidade de colocar um líquido nas cavidades ou poros cresce, bem como a aplicação de alguns dos fenómenos naturais.</p>
2.2.4 Dinamização	<p>Um modelo de Substância-Campo pode ser reforçado para aumentar o seu nível de dinamismo, isto é, fazendo a estrutura do sistema mais flexível e fácil de mudar.</p>

2.2.5 Campos estruturantes	<p>Um modelo Substância-Campo pode ser reforçado através da substituição de áreas homogêneas ou campos não estruturados tanto por campos heterogêneos como por campos de estrutura espacial permanente ou variável.</p> <p>Em particular, se é necessário para conferir uma estrutura especial espacial a uma substância, que é (ou pode ser) incorporada no modelo Substância-Campo, o processo de estruturação deve ser realizada em um campo tendo uma estrutura que corresponde à estrutura necessária da substância.</p>
2.2.6 Substâncias estruturantes	<p>Um modelo Substância-Campo pode ser melhorado, substituindo substâncias homogêneas ou não estruturadas tanto por substâncias heterogêneas como por substâncias com estrutura espacial permanente ou variável.</p> <p>Em particular, se for necessário para obter aquecimento intensivo em locais definidos, pontos ou linhas do sistema, recomenda-se que uma substância exotérmica seja introduzida antes do tempo.</p>

2.3 Aplicação por ritmos correspondentes	
2.3.1 Correspondendo os ritmos do F e S1 ou S2	<p>A ação de um campo em um modelo Substância-Campo deve ser correspondido (ou intencionalmente mal correspondido) entre a frequência e a frequência natural do produto ou ferramenta.</p>
2.3.2 Correspondendo os ritmos de F1 e F2	<p>As frequências de campos aplicados em modelos Substância-Campo complexos devem ser compatíveis ou intencionalmente incompatíveis.</p>
2.3.3 Correspondendo ações incompatíveis ou previamente independentes	<p>Se duas ações são incompatíveis, uma delas deve ser realizada durante as pausas da outra. Em geral, as pausas numa ação devem ser preenchidas por outra ação útil.</p>

2.4 Modelos de campo ferromagnético (modelos Substância-Campo complexos forçados)	
2.4.1 Modelos pré-ferro-campo	Um modelo de Substância-Campo pode ser reforçado pela utilização de substâncias ferromagnéticas, juntamente com um campo magnético.
2.4.2 Modelos ferro-campo	Para melhorar a controlabilidade do sistema, é sugerido que um modelo Substância-Campo ou pré-ferro-campo seja substituído por um modelo de ferro-campo. Para fazer isto, as partículas ferromagnéticas devem ser substituídas por (ou adicionados a) uma substância, e um campo magnético ou eletromagnético aplicado. Fichas, grânulos, grãos, etc., podem também ser considerados como partículas ferromagnéticas. A eficiência de controlo aumenta com a maior fragmentação das partículas ferromagnéticas. Assim, modelos ferro-campo evoluem de acordo com a seguinte linha: granulado - pó - partículas ferromagnéticas finamente moídas. A eficiência de controlo também aumenta ao longo da linha em relação a essa na qual a substância da partícula de ferro está incluído: substância sólida - grânulos - pó - líquido.
2.4.3 Líquidos magnéticos	Modelos ferro-campo podem ser melhorados através da utilização de líquidos magnéticos. Um líquido magnético é uma solução coloidal de partículas ferromagnéticas em um líquido, tal como o querosene, o silicone, a água, etc. A solução padrão 2.4.3 pode ser considerada o último caso da evolução de acordo com a
2.4.4 Aplicando estruturas capilares em modelos ferro-campo	Modelos ferro-campo podem ser melhorados utilizando as estruturas capilares ou porosas inerentes em muitos destes modelos.

Classe 3. Transição para supersistema e níveis micro

3.1 Transição para bi-sistemas e poli-sistemas

3.1.1 Sistema de transição 1- a: a criação de bi-sistemas e poli-sistemas	O desempenho do sistema, em qualquer fase da evolução pode ser reforçado por transição do sistema 1-a: combinando o sistema com um outro sistema(s), construindo assim um bi-sistema ou um poli-sistema complexo.
3.1.2 Elos reforçados em bi-sistemas e poli-sistemas	Bi-sistemas e poli-sistemas podem ser melhorados através do desenvolvimento dos elos das relações entre os seus elementos.
3.1.3 Sistema de transição 1- b: aumentar as diferenças entre elementos	Bi-sistemas e poli-sistemas podem ser melhorados através do aumento das diferenças entre os seus elementos de transição (sistema 1-b): a partir de elementos idênticos, para elementos com características alteradas, para um conjunto de elementos diferentes, para uma combinação de características invertidas - ou "elemento e anti-elemento".
3.1.4 Simplificação dos bi-sistemas e poli-sistemas	Bi-sistemas e poli-sistemas podem ser melhorados através da simplificação do sistema, em primeiro lugar, sacrificando peças auxiliares. Completamente simplificado bi-sistemas e poli-sistemas tornam-se mono- sistemas de novo, e todo o ciclo pode ser repetido com um novo nível.
3.1.5 Sistema de transição 1- c: características opostas do todo e suas partes	Bi-sistemas e poli-sistemas podem ser melhorados através da separação das características incompatíveis entre o sistema como um todo e suas partes (transição de sistema 1-c). Como resultado, o sistema é utilizado em dois níveis, com todo o sistema a ter a característica F, e as suas partes ou partículas tendo a característica oposta, anti-F.

Classe 4. Soluções-Padrão para a deteção e medição	
4.1 Métodos indiretos	
4.1.1 Substituir a deteção ou a medição com a alteração do sistema	Se tiver um problema com a deteção ou a medição, é adequado modificar o sistema de uma maneira que torna a necessidade de resolver o problema obsoleto.
4.1.2 Aplicação de cópias	Se tem um problema com a deteção ou medição, e é impossível aplicar a solução padrão 4.1.1, é adequado manipular uma cópia ou uma foto de um objeto em vez do próprio objeto.
4.1.3 Medição como duas deteções consecutivas	Se tiver um problema com a deteção ou medição e é impossível aplicar as Soluções-Padrão 4.1.1 e 4.1.2, é adequado transformar o problema em um, onde duas deteções consecutivas de variação são efetuadas.
4.2 Construção de medição de modelos Substância-Campo	
4.2.1 Medição do modelo Substância-Campo	Se um modelo Substância-Campo incompleto é difícil de medir ou detetar, o problema pode ser resolvido por preenchimento de um regular ou duplo modelo Substância-Campo com um campo numa saída.
4.2.2 Medição do modelo complexo Substância-Campo	Se um sistema ou a sua parte é difícil de detetar ou medir, o problema pode ser resolvido por transição para o interior ou exterior do modelo complexo de Substância-Campo com a introdução de aditivos de fácil deteção.
4.2.3 Medição do modelo Substância-Campo com o meio ambiente	Se um sistema é difícil de detetar ou medir em certos momentos no tempo, e é impossível introduzir aditivos, devem ser introduzidos nos ambientes aditivos capazes de gerar uma fácil deteção (ou fácil medição) do campo; alterações no estado do ambiente irão fornecer informações sobre as alterações no sistema.
4.2.4 Obtenção de aditivos no ambiente	Se não for possível a introdução de aditivos no meio ambiente em conformidade com a solução padrão 4.2.3, estes aditivos podem ser produzidos no próprio ambiente, por exemplo, através da sua destruição ou alterando o seu estado de fase. No gás, em particular ou bolhas de vapor obtidas por electrólise, ou por cavitação, ou outros métodos são frequentemente aplicados.

4.3 Reforçando a medição dos modelos Substância-Campo	
4.3.1 Aplicando efeitos físicos e fenómenos	A eficácia de medição e/ou deteção de um modelo Substância-Campo pode ser reforçada pela utilização de fenómenos físicos.
4.3.2 Aplicando oscilações de ressonância de uma amostra	Se é impossível detetar diretamente ou medir as mudanças num sistema e passar um campo através do sistema também é impossível, o problema pode ser resolvido através da geração de oscilações de ressonância de qualquer sistema como um todo ou uma parte dele; variações na frequência de oscilação fornecem informações sobre alterações do sistema.
4.3.3 Aplicando oscilações de ressonância de um objeto combinado	Se a aplicação de solução padrão 4.3.2 é impossível, a informação sobre o estado do sistema pode ser obtida através de oscilações livres de um objeto exterior ou do ambiente, ligadas ao sistema.
4.4 Transição para ferro-campo modelos	
4.4.1 Medição do modelo pré-ferro-campo	Modelos Substância-Campo com campos não magnéticos, são capazes de se transformar em modelos pré-ferro-campo que contenham substâncias magnéticas e um campo magnético.
4.4.2 Medição modelo de ferro-campo	A eficácia de uma medição e/ou deteção de um modelo substância-campo ou pré-ferro-campo pode ser melhorada através de uma transição para um modelo de ferro-campo, substituindo uma das substâncias com partículas ferromagnéticas ou pela adição de partículas ferromagnéticas.
4.4.3 Medição complexa do modelo de ferro-campo	Se a eficácia de medição e/ou de deteção pode ser reforçada através da transição para um modelo de ferro-campo, mas a substituição de substâncias com partículas ferromagnéticas é proibida, esta transição pode ser realizada através da criação de um modelo complexo de ferro-campo através da introdução de aditivos na substância.
4.4.4 Medição modelo ferro-campo com o meio ambiente	Se a eficácia de medição e / ou de deteção pode ser reforçada através da transição para um modelo de ferro-campo, mas a introdução de partículas ferromagnéticas é proibida, as partículas devem ser introduzidos no ambiente.
4.4.5 Aplicação de efeitos físicos e fenómenos	A eficácia de uma medição e / ou deteção do modelo Substância-Campo ou pré-ferro-campo pode ser melhorada através da aplicação de fenómenos físicos.

4.5 Direção da evolução de sistemas de medição	
4.5.1 Transição para bi-sistemas e poli-sistemas	A eficácia de uma medição e / ou deteção do modelo substância-campo ou pré-ferro-campo em qualquer fase da evolução pode ser melhorada através da construção de um bi-sistema ou de um poli-sistema.
4.5.2 Direção da evolução	Sistemas de medição e / ou deteção evoluem na seguinte direção: -medição de uma função -medição da primeira derivada da função -medição da segunda derivada da função

Classe 5. Normas para a aplicação das Soluções-Padrão	
5.1 Introduzindo substâncias	
5.1.1 Métodos indiretos	Se as condições de trabalho não permitem a introdução de substâncias num sistema, as seguintes maneiras indiretas devem ser utilizadas: - aplicação do "vazio" (espaço aberto) em vez da substância - introdução de um campo em vez da substância - aplicação de um aditivo externo, em vez de um interno - introduzindo uma pequena quantidade de um aditivo muito ativo - introdução de uma pequena quantidade do aditivo na forma concentrada em locais específicos - introduzindo o aditivo temporariamente - aplicando um modelo ou cópia de um objeto, em vez do próprio objeto, permitindo a introdução de aditivos - obtenção de aditivos necessários através da decomposição dos produtos químicos introduzidos
5.1.2 Dividir uma substância	Se um sistema não responde a alterações, e modificar a ferramenta ou introduzir aditivos é proibido, partes que interagem da peça de trabalho podem ser utilizadas em vez da ferramenta.
5.1.3 Auto eliminação de substâncias	Após a realização do seu trabalho, uma substância introduzida deve desaparecer ou tornar-se idêntica a substâncias já existentes no sistema ou no meio ambiente.
5.1.4 Introduzindo substâncias em grandes quantidades	Se as condições não permitem a introdução de grandes quantidades de uma substância, o "vazio" como estrutura inflável ou de espuma pode ser utilizada em vez da substância.

5.2 Introdução de campos	
5.2.1 Uso múltiplo de campos disponíveis	Se for necessário introduzir um campo em um modelo substância-campo, deve-se em primeiro lugar, aplicar campos existentes cujos portadores são as substâncias envolvidas.
5.2.2 Introdução de campos a partir do ambiente	Se é necessário introduzir um campo, mas é impossível fazê-lo, de acordo com solução padrão 5.2.1, tente aplicar campos existentes no meio ambiente.
5.2.3 Utilizar substâncias capazes de originar campos	Se um campo não pode ser introduzido em conformidade com as Soluções-Padrão 5.2.1 e 5.2.2, deve-se aplicar campos que podem ser gerados por substâncias existentes no sistema ou no ambiente.
5.3 Transições de fase	
5.3.1 Transição de fase 1: mudança de fase	A eficácia da aplicação de uma substância (sem a introdução de outras substâncias) pode ser melhorada através da transição de fase 1, isto é, por transformação de fase de uma substância existente.
5.3.2 Transição de fase 2: estado de fase dinâmico	As características duais de uma substância podem ser realizadas através da transição de fase 2, isto é, através da utilização de substâncias capazes de alterar o seu estado de fase, dependendo das condições de trabalho.
5.3.3 Transição de fase 3: utilizando fenómenos associados	Um sistema pode ser melhorado usando a transição de fase 3, isto é, mediante a aplicação de fenómenos que acompanham uma transição de fase.
5.3.4 Transição de fase 4: transição para um estado de dupla fase	As características duais de um sistema podem ser realizadas através da transição de fase 4, isto é, por substituição de um estado monofásico por um estado de fase dupla.
5.3.5 Interação de fase	A eficácia de um sistema utilizando a transição de fase 4, pode ser melhorada através da criação de interações entre as partes ou fases do sistema.

5.4 Peculiaridades da aplicação de efeitos físicos e fenómenos	
5.4.1 Transições autocontroladas	Se um objeto deve periodicamente existir em diferentes estados físicos, esta transição deve ser realizada pelo próprio objeto através da utilização de transições físicas reversíveis.
5.4.2 Amplificação do campo de saída	Se uma ação forte sob uma fraca influência é necessária, a substância transformadora deve estar no estado quase crítico. A energia é acumulada na substância e a influência funciona como um gatilho.
5.5 Soluções-Padrão experimentais	
5.5.1 Obtenção de partículas de substâncias através da decomposição	Se as partículas de uma substância são necessárias a fim de realizar um conceito da solução, e obtê-los directamente é impossível, as partículas necessárias devem ser criadas pela decomposição de uma substância de nível estrutural mais elevado.
5.5.2 Obtenção de partículas de substâncias através da integração	Se as partículas de uma substância são necessárias a fim de realizar um conceito da solução e é impossível obtê-los directamente e é impossível aplicar a solução padrão 5.5.1, as partículas necessários podem ser criadas completando ou combinando as partículas de um nível inferior estrutural.
5.5.3 A aplicação das Soluções-Padrão 5.5.1 e 5.5.2	A maneira mais fácil de aplicar a solução padrão 5.5.1 é destruir o próximo nível mais alto "completo" ou "excessivo". A maneira mais fácil de aplicar a solução padrão 5.5.2 é completar o mais próximo do nível mais baixo "incompleto".